Google

Тем, что эта книга дошла до Вас, мы обязаны в первую очередь библиотекарям, которые долгие годы бережно хранили её. Сотрудники Google оцифровали её в рамках проекта, цель которого – сделать книги со всего мира доступными через Интернет.

Эта книга находится в общественном достоянии. В общих чертах, юридически, книга передаётся в общественное достояние, когда истекает срок действия имущественных авторских прав на неё, а также если правообладатель сам передал её в общественное достояние или не заявил на неё авторских прав. Такие книги – это ключ к прошлому, к сокровищам нашей истории и культуры, и к знаниям, которые зачастую нигде больше не найдёшь.

В этой цифровой копии мы оставили без изменений все рукописные пометки, которые были в оригинальном издании. Пускай они будут напоминанием о всех тех руках, через которые прошла эта книга – автора, издателя, библиотекаря и предыдущих читателей – чтобы наконец попасть в Ваши.

Правила пользования
Мы гордимся нашим сотрудничеством с библиотеками, в рамках которого мы оцифровываем книги в общественном достоянии и делаем их доступными для всех. Эти книги принадлежат всему человечеству, а мы – лишь их хранители. Тем не менее, оцифровка книг и поддержка этого проекта стоят немало, и поэтому, чтобы и в дальнейшем предоставлять этот ресурс, мы предприняли некоторые меры, чтобы предотвратить коммерческое использование этих книг. Одна из них – это технические ограничения на автоматические запросы.

Мы также просим Вас:

- **Не использовать файлы в коммерческих целях.** Мы разработали программу Поиска по книгам Google для всех пользователей, поэтому, пожалуйста, используйте эти файлы только в личных, некоммерческих целях.
- **Не отправлять автоматические запросы.** Не отправляйте в систему Google автоматические запросы любого рода. Если Вам требуется доступ к большим объёмам текстов для исследований в области машинного перевода, оптического распознавания текста, или в других похожих целях, свяжитесь с нами. Для этих целей мы настоятельно рекомендуем использовать исключительно материалы в общественном достоянии.
- **Не удалять логотипы и другие атрибуты Google из файлов.** Изображения в каждом файле помечены логотипами Google для того, чтобы рассказать читателям о нашем проекте и помочь им найти дополнительные материалы. Не удаляйте их.
- **Соблюдать законы Вашей и других стран.** В конечном итоге, именно Вы несёте полную ответственность за Ваши действия – поэтому, пожалуйста, убедитесь, что Вы не нарушаете соответствующие законы Вашей или других стран. Имейте в виду, что даже если книга более не находится под защитой авторских прав в США, то это ещё совсем не значит, что её можно распространять в других странах. К сожалению, законодательство в сфере интеллектуальной собственности очень разнообразно, и не существует универсального способа определить, как разрешено использовать книгу в конкретной стране. Не рассчитывайте на то, что если книга появилась в поиске по книгам Google, то её можно использовать где и как угодно. Наказание за нарушение авторских прав может оказаться очень серьёзным.

О программе
Наша миссия – организовать информацию во всём мире и сделать её доступной и полезной для всех. Поиск по книгам Google помогает пользователям найти книги со всего света, а авторам и издателям – новых читателей. Чтобы произвести поиск по этой книге в полнотекстовом режиме, откройте страницу `http://books.google.com`.

Digitized by Google

на

жур-

р.

ь не

ь.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

ГЕОМЕТРІЯ

и

МЕХАНИКА

ИСКУСТВЪ, РЕМЕСЛЪ

и

ИЗЯЩНЫХЪ ХУДОЖЕСТВЪ.

167602

СОЧИНЕНІЕ

Барона *Карла Дюпеня.*

Передѣланное съ Французскаго языка.

САНКТПЕТЕРБУРГЪ,
въ типографіи медицинскаго департамента министерства внутреннихъ дѣлъ.
1830 года.

Digitized by Google

Печатать позволяется.

Съ тѣмъ, чтобы по напечатаніи представлены были въ Цензурный Комитетъ три экземпляра. — С. Петербургъ, 16 Апрѣля 1830 года.

Цензоръ Николай Щегловъ.

Digitized by Google

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ГЕОМЕТРІЯ.

Digitized by Google

Digitized by Google

ЕГО СІЯТЕЛЬСТВУ

ГОСПОДИНУ

Генералу отъ Инфантеріи, Члену Государственнаго Совѣта, Сенатору, Министру Финансовъ и разныхъ Россійскихъ и Иностранныхъ орденовъ

КАВАЛЕРУ,

ГРАФУ

ЕГОРУ ФРАНЦОВИЧУ,

КАНКРИНУ.

Digitized by Google

Digitized by Google

ВАШЕ СІЯТЕЛЬСТВО!

Будучи обязанъ милостивому покровительству Вашего Сіятельства всѣми способами къ изданію въ свѣтъ сей книги, я осмѣливаюсь надѣяться, что Вы не откажете мнѣ и въ милостивомъ соизволеніи украсить оную посвященіемъ Имени Вашего Сіятельства и тѣмъ запечатлѣть на ней чувства глубочайшей признательности моей. Знакъ сей особенной милости будетъ вмѣстѣ однимъ изъ свидѣтельствъ, что Ваше Сіятельство, простирая попечительное вниманіе Ваше на усовершенствованіе всѣхъ отраслей отечественной промышленности, заботились не только о практическомъ улучшеніи, но и о теоретическомъ направленіи оной. Просвѣщенное стремленіе Вашего Сіятельства къ развитію въ Россіи возможной для нея мануфактурной промышленности разными учрежденіями и распоряженіями и быстрые

Digitized by Google

успѣхи сей промышленности родили и во мнѣ смѣлую мысль принести хотя малѣйшую жертву на пользу сей важной основы народнаго благосостоянія, доставленіемъ сй уваженнаго цѣлымъ свѣтомъ теоретическаго пособія, заключающагося въ курсѣ Геометріи и Механики искуствъ, ремеслъ и художествъ, сочиненномъ знаменитымъ К. Дюпенсмъ. Итакъ дозвольте Ваше Сіятельство, чтобы сіи жертва народной промышленности посвящена была Имени Вашему, какъ Имени виновника и совершителя оной.

Съ глубочайшимъ почитаніемъ и таковою же преданностію имѣю честь быть

Милостивѣйшій Государь

ВАШЕГО СІЯТЕЛЬСТВА

всепокорнѣйшимъ слугою

Александръ Алексѣевъ.

Digitized by Google

ОГЛАВЛЕНІЕ

Стран.

ГЛАВА ПЕРВАЯ. *Прямыя линіи, углы, перпендикулярныя и наклонныя линіи* . . . 7.

Черченіе и поверка прямыхъ линій . . . 11.

О плоскости и ея отношеніяхъ къ прямой линіи . . . . . 16.

Измѣреніе длины . . . . . 17.

Масштабъ . . . . . 18.

Углы . . . . . 19.

Наугольники и повѣрка оныхъ . . . . 24.

Свойства угловъ около одной точки, перпендикулярныя и наклонныя линіи . . 27.

ГЛАВА ВТОРАЯ. *О параллельныхъ линіяхъ и сопряженіи съ перпендикулярными и наклонными линіями* . . 37.

Разстояніе параллельныхъ линій повсюду равно между собою . . . . . 42.

Приложеніе къ желѣзнымъ или колейчатымъ дорогамъ . . . . . 44.

Приложеніе къ ходу карасей . . . . . 45.

Употребленіе наугольника для проведенія параллельныхъ линій . . . . . 48.

Параллельныя линіи взятыя между параллельными линіями равны между собою . 49.

Digitized by Google

Стран.
Приложеніе къ движенію выдвижныхъ ящиковъ . . . . . 50.
Приложеніе къ движенію поршня въ насосѣ. —
Приложеніе къ снованію и тканію матерій. 51.
Приложеніе къ Гражданской Архитектурѣ и Кораблестроительному искуству . . 53.
Примѣненіе параллельныхъ линій къ Начертательной Геометріи или къ способу проэкцій . . . . . 55.
Приложеніе способа проэкцій къ Механикѣ. 57.
Примѣненіе къ черченію кривыхъ линій. . 60.
Примѣръ представляющійся при кораблестроеніи . . . . . 61.
Примѣръ въ черченіи дорогъ и каналовъ . 62.
ГЛАВА ТРЕТІЯ. *О кругѣ* . . . . . 67.
Опредѣленіе круга, окружности, центра, радіуса и діаметра . . . . . —
О хордѣ и стрѣлкѣ . . . . . 68.
Касательная круга перпендикулярна къ радіусу . . . . . 71.
Приложеніе къ точенію вращающихся тѣлъ, помощію неподвижнаго орудія, къ дѣйствію жернововъ для точенія орудій и полированію поверхностей . . . . . 73.
Приложеніе къ точенію неподвижныхъ тѣлъ. 74.
Приложеніе къ движенію параллельныхъ линій . . . . . 76.
Приложеніе къ устроенію машинъ . . . 77.

Digitized by Google

Стран.

Перемѣна круговаго движенія съ одной оси на другую . . . . . 78.
О ремняхъ употребляемыхъ при движеніи колесъ . . . . . 79.
Движеніе одного круга въ другомъ . . . 81.
Приложеніе къ паровымъ коробкамъ . . . 82.
Раздѣленіе круга и приложеніе онаго къ измѣренію угловъ . . . . . 83.
Средство раздѣлять круги на равныя части. 84.
Отношеніе окружности къ радиусу . . . 86.
Приложеніе къ измѣренію угловъ посредствомъ дугъ круга . . . . . 87.
Градусы, минуты, секунды и проч. . . 88.
Приложеніе къ Географіи . . . . . 90.
Приложеніе раздѣленія круга къ устроенію машинъ . . . . . 91.
Инструменты для измѣренія угловъ . . 92.
О транспортирѣ и астролябіи . . . . 93.
О квадрантѣ, секстантѣ и повторительномъ кругѣ . . . . . —
Машины для раздѣленія круговъ . . . . 94.
ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ *О различныхъ формахъ, которыя можно давать произведеніямъ промышленности, помощію прямой линіи и круга* . . . . . 99.
О прямолинейныхъ трехугольникахъ. . . —
Различные роды трехугольниковъ . . . . 101.

Digitized by Google

Стран.
Симметрическіе трехугольники . . . . 102.
Условія равенства трехугольниковъ . . . 103.
Четырехсторонныя фигуры . . . . . 107.
О трапеціи и параллелограммѣ . . . . — —
О ромбѣ . . . . . 110.
О прямоугольникѣ и квадратѣ . . . . — —
Симметрія четырехсторонныхъ фигуръ . 112.
Сумма угловъ трехугольника и фигуръ о 4, 5, 6, ... сторонахъ . . . . . 113.
Отношеніе круга къ прямолинейнымъ фигурамъ . . . . . 114.
Правильные многоугольники . . . . . 117.
Приложеніе къ правильнымъ укрѣпленіямъ. 119.
Приложенія къ мощенію улицъ, штучной работѣ, оконичнымъ стекламъ и мозаикѣ. — —
Правильные многоугольники, помощію которыхъ можно совершенно покрыть пространство . . . . . 120.
Приложеніе къ Архитектурѣ . . . . . 123.
Фигуры, ограниченныя частями прямыхъ линій и кругомъ . . . . . 124.
Приложеніе къ фигурѣ театровъ, амѳитеатровъ, сводовъ и проч. . . . . — —
Искуство профилированія . . . . . — —
Составленіе Архитектурныхъ плановъ . . 130.
ГЛАВА ПЯТАЯ. *О равенствѣ, симметріи и пропорціональности фигуръ* . . . . . 133.
Условія равенства фигуръ . . . . . — —

Digitized by Google

Стран.

Произведеніе фигуръ припорохомъ и чрезъ прозрачную бумагу . . . . . 135.
Симметрія фигуръ . . . . . 137.
Произведеніе равныхъ или симметрическихъ фигуръ въ гравировкѣ, печатаніи, типографіи и проч. . . . . — —
Произведеніе равныхъ фигуръ помощію матрицъ . . . . . 138.
Построеніе геометрическихъ фигуръ равныхъ другимъ помощію трехугольниковъ. 139.
Построеніе геометрическихъ фигуръ равныхъ другимъ помощію квадратовъ . . 143.
Пропорціональныя фигуры . . . . . 147.
Приложеніе ихъ для раздѣленія масштабовъ. 149.
Мѣльчайшія раздѣленія масштаба . . . 151.
Повѣрка чертежей машинъ или произведеній промышленности . . . . . 152.
Пропорціи . . . . . — —
Произведеніе крайнихъ членовъ равно произведенію среднихъ . . . . . 154.
Тройное правило . . . . . 156.
Подобные трехугольники . . . . . 158.
Подобные многоугольники . . . . . 161.
Пропорціональный циркуль . . . . . 162.
Свойство правильныхъ подобныхъ фигуръ . 164.
Круги суть подобныя фигуры. 165
Свойства хорды и полухорды, возставленной перпендикулярно къ діаметру и о перпендикулярѣ опущенномъ изъ прямаго

Digitized by Google

Стран.
угля прямоугольнаго трехугольника на противулежащую сторону онаго . . . 165.
ГЛАВА ШЕСТАЯ. *О площадяхъ фигуръ, ограниченныхъ прямыми или круговыми линіями.* 169.
Квадратъ служитъ для измѣренія другихъ фигуръ . . . . . — —
Какъ числа представляютъ квадраты или квадраты числъ . . . . . 170.
Въ прямоугольномъ трехугольникѣ квадратъ построенный на большой сторонѣ равенъ суммѣ квадратовъ, построенныхъ на другихъ двухъ сторонахъ . . . . . 171.
Площадь прямоугольника равняется произведенію основанія на высоту . . . . 174.
Площадь параллелограмма равна произведенію основанія на высоту . . . . . 175.
Таблица площадей прямоугольныхъ параллелограммовъ . . . . . 176.
Площадь трехугольника равна половинѣ произведенія изъ основанія на высоту . . 177.
Площадь трапеціи равна полусуммѣ параллельныхъ основаній умноженныхъ на ея высоту . . . . . 178.
Площадь правильнаго многоугольника равна половинѣ обвода его, умноженному на разстояніе центра до одной изъ сторонъ онаго . . . . . 179.
Площадь круга равна произведенію изъ его

Digitized by Google

Стран.
окружности на половину радіуса, или полуокружности умноженной радіусъ . . 180.
Невозможность квадратуры круга . . . . — —
Сравненіе площадей подобныхъ фигуръ. Отношеніе площадей двухъ подобныхъ треугольниковъ равно отношенію квадратовъ изъ сходственныхъ линій . . . 181.
Площади подобныхъ фигуръ относятся какъ квадраты построенные на сходственныхъ линіяхъ. . . . . 182.
Площади круговъ пропорціональны квадратамъ построеннымъ на ихъ радіусахъ или на ихъ діаметрахъ . . . . . — —
Свойство правильныхъ фигуръ большихъ нежели другія . . . . . 183.
Приложеніе къ фигурѣ оконичныхъ стеколъ, къ фигурѣ трубъ для проведенія воды, газа и къ формѣ строеній . . . . . 184.
Построеніе плоскости . . . . . — —
Приложеніе къ фаянсовому искуству . . 185.
Приложеніе къ пиленію свай . . . . . — —
Произведеніе плоскостей стругомъ . . . 186.
Произведеніе плоскости пильщикомъ и плотникомъ . . . . . — —
Перпендикуляръ, опущенный изъ точки на плоскость есть кратчайшее разстояніе оной точки до сей плоскости; сія линія также перпендикулярна ко всѣмъ пря-

Digitized by Google

мымъ на плоскости чрезъ основаніе перпендикуляра проведеннымъ . . . . . 187.
Наклонныя равноотстоящія отъ основанія перпендикуляра и изъ одной точки онаго исходящія равны между собою. . . 188.
Объ оси круга . . . . . 189.
Приложеніе къ дѣйствію жернововъ въ мѣльницахъ . . . . . — —
Приложеніе къ точенію . . . . . 191.
Приложеніе къ машинѣ Брама для вырѣзыванія плоскостей . . . . . 192.
Двѣ линіи къ одной плоскости перпендикулярныя между собою параллельны . . 193.
Объ отвѣсѣ и приложенія онаго для проведенія вертикальныхъ линій . . . . 194.
Двѣ вертикальныя плоскости пересѣкаются въ вертикальной прямой линіи . . . 196.
Приложеніе сего свойства . . . . . — —
Двѣ встрѣчающіяся плоскости пересѣкаются въ прямой линіи . . . . . 198.
Углы образующіеся плоскостями. . . . — —
Горизонтальныя и наклонныя плоскости . 200.
Линіи наибольшаго паденія . . . . . 201.
Двѣ параллельныя прямыя, взятыя между двумя параллельными плоскостями, равны между собою . . . . . 202.
Двѣ прямыя линіи, разсѣкаются тремя параллельными плоскостями на части пропорціональныя . . . . . — —

Digitized by Google

Стран.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ. *О тѣлахъ ограниченныхъ плоскостями* . 205.
Равенство и симметрія тѣлъ. . . . . — —
Опредѣленіе бруска и призмы прямой наклонной и усѣченной . . . . . 206.
Симметрическія призмы . . . . . 207.
Трехсторонная призма . . . . . — —
Приложеніе къ Оптикѣ и Архитектурѣ . 208.
Приложеніе къ Механикѣ . . . . . 209.
Четырехсторонная призма. Параллелопипедъ . . . . . — —
Кубъ . . . . . — —
Различныя приложенія . . . . . 210.
Призмы кристалловъ . . . . . 211.
Способъ выдѣлыванія призмъ . . . . . — —
Способъ выдѣлыванія призматическихъ впадинъ . . . . . 214.
Рейка, шипы и шиповыя гнѣзда . . . . 216.
Приложеніе призмъ къ плотничьему искусству . . . . . 217.
Пирамида, симметрическая пирамида и правильная . . . . . 218.
Трехсторонныя и четырехсторонныя пирамиды . . . . . 219.
Обелиски и ихъ устроеніе . . . . . 220.
Дѣланіе трехсторонной пирамиды . . . 221.
Измѣреніе толстотъ тѣлъ ограниченныхъ плоскостями . . . . . 225.
Измѣреніе куба . . . . . 226.

Digitized by Google

Стран.
Толстота четырехсторонной призмы равна площади основанія умноженной на ея высоту . . . . . 227.
Толстота трехсторонной или многосторонной прямой призмы равна площади основанія умноженной на ея высоту . . . 228.
Толстота пирамиды равна третьей части произведенія изъ основанія на высоту . 229.
О нахожденіи толстоты тѣлъ ограниченныхъ какимъ ни есть числомъ сторонъ. 231.
Толстота усѣченной трехсторонной призмы равна тремъ пирамидамъ, имѣющимъ основаніями, основаніе призмы, а верщины въ концахъ трехъ реберъ оной . . 232.
Толстота усѣченной прямой четырехсторонной призмы равна площади основанія умноженной на четверть суммы четырехъ реберъ оной . . . . . 234.
Приложеніе къ измѣренію подводной части кораблей . . . . . — —
Объемы симметрическихъ тѣлъ равны между собою . . . . . 236.
Подобныя тѣла. . . . . 237.
Толстоты подобныхъ пирамидъ пропорціональны кубамъ изъ сходственныхъ реберъ. 238.
Толстоты подобныхъ тѣлъ пропорціональны кубамъ изъ сходственныхъ реберъ . 239.
ГЛАВА ВОСЬМАЯ. *О цилиндрахъ* . . . 241.
Ребра цилиндра. . . . . — —

Digitized by Google

Стран.
Цилиндръ прямой, наклонной, усѣченной и ихъ основанія . . . . . 242.
Круглый цилиндръ . . . . . 243.
Составленіе цилиндра изъ реберъ. . . . 244.
Приложеніе къ устроенію мачтъ кораблей. 245.
Образованіе цилиндра помощію равныхъ параллельныхъ кривыхъ линій . . . . . — —
Приложеніе къ образованію древокъ копья, банника и проч. . . . . — —
Приложеніе къ рѣшеткамъ, и проч. . . 246.
Образованіе цилиндровъ изъ другихъ тонкихъ цилиндровъ . . . . . 247.
Образованіе цилиндрическихъ поверхностей чрезъ сгибаніе . . . . . 248.
Приложеніе къ ремеслу котельщика и проч. — —
Устроеніе котловъ паровыхъ машинъ . . 249.
Приложеніе къ работамъ свинечника и дѣлателя органовъ . . . . . 251.
Образованіе цилиндровъ чрезъ вытягиваніе. — —
Образованіе цилиндровъ чрезъ разплавленіе и отливаніе . . . . . 252.
Образованіе цилиндровъ чрезъ пиленіе . . 253.
Образованіе цилиндровъ Архитекторами . 254.
Боковая поверхность прямаго цилиндра равняется обводу изъ его основаній умноженному на его высоту . . . . . 255.
Вся поверхность круглаго прямаго цилиндра равняется окружности одного изъ

Digitized by Google

Стран.
основаній, умноженному на ребро съ радіусомъ одного изъ основаній . . . . 255.
Предполагая цилиндръ ограниченнымъ гранями равной ширины, боковая поверхность сего цилиндра прямаго или наклоннаго будетъ равна ширинѣ одной грани, помноженной на сумму реберъ граней . . . . . 257.
Объемъ цилиндра равняется окружности основанія помноженной на половину радіуса сего основанія и на высоту цилиндра. 258.
Два цилиндра наклонные или прямые равныхъ основаній и высотъ объемами равны между собою . . . . . — —
Секторы цилиндра . . . . . 260.
Сегменты цилиндра . . . . . — —
Приложеніе свойствъ цилиндра къ опредѣленію тѣней . . . . . — —
Приложеніе свойствъ цилиндра къ Начертательной Геометріи . . . . . 261.
Приложеніе цилиндра къ землянымъ работамъ . . . . . 263.
Приложеніе къ слоенію тѣста . . . . — —
Соединеніе цилиндровъ. Плющильны . . . — —
Приложеніе къ бумагодѣланію . . . . . 264.
Приложеніе къ книгопечатанію . . . . . 265.
Литографское печатаніе . . . . . 266.
Оттиски гравировки на мѣди . . . . . — —
Приложеніе соединенія двухъ цилиндровъ къ

Digitized by Google

Стран.

обдѣлыванію желѣза и приведеніи его въ полосы . . . . . 266.

Приложеніе цилиндровъ къ чесанію . . . 267.

Приложеніе цилиндровъ къ пряденію хлопчатой бумаги, конопли, и проч. . . . 268.

Дѣланіе бороздковъ на цилиндрахъ . . . 269.

Совмѣщеніе цилиндровъ . . . . . 270.

Приложеніе къ зрительнымъ трубкамъ, и проч. . . . . — —

Совмѣщеніе трубъ для провода воды и газа . . . . . — —

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ. *Коническія поверхности* . . . . . 273.

Опредѣленіе конуса, его реберъ и вершины. — —

Двойной конусъ . . . . . 274.

Приложеніе къ песочнымъ часамъ . . . — —

Основаніе конуса . . . . . 275.

Конусъ прямой, круглой или правильной . . — —

Кривая поверхность прямаго круглаго конуса равна окружности основанія, умноженной на половину ребра . . . . . 276.

Объемъ каждаго конуса равенъ произведенію ихъ площади на треть его высоты. . 277.

Поверхность правильнаго усѣченнаго конуса равна полусуммѣ окружностей двухъ основаній, умноженной на длину ребра взятаго между сими основаніями . . . — —

Поверхности подобныхъ конусовъ пропорціо-

Digitized by Google

Стран.
нальны квадратамъ изъ сходственныхъ линій . . . . . 278.
Объемы подобныхъ конусовъ пропорціональны кубамъ изъ сходственныхъ линій . — —
Объемъ усѣченнаго конуса . . . . . — —
Поверхность какого либо конуса . . . 279.
Произведеніе конусовъ Архитекторомъ, плотникомъ, Артиллеристомъ, шляпникомъ и дѣлателемъ органовъ . . . . . — —
Приложеніе къ мачтамъ кораблей . . . 281.
Произведеніе конусовъ срѣзываніемъ реберъ. 282.
Произведеніемъ конусовъ точеніемъ . . . 283.
Приложеніе къ Физіонотрасу . . . . . 284.
Приложеніе къ произведенію образа всѣхъ предметовъ на рѣтинѣ нашего глаза. . 285.
Приложеніе свойствъ конуса къ тѣнямъ, обрасываемымъ непрозрачными тѣлами . 287.
Силуеты . . . . . — —
Китайскія тѣни . . . . . 288.
Основанія перспективы . . . . . 290.
О точкѣ зрѣнія . . . . . 291.
Перспектива параллельныхъ линій . . . 293.
Когда сіи линіи не параллельны картинной плоскости то перспектива ихъ соединяется въ одну точку, которая называется точкою встрѣчи . . . . . 294.
Приложеніе къ приведенію въ перспективу Архитектурныхъ рисунковъ. . . . . — —
Приложеніе къ живописи . . . . . 297.

Digitized by Google

Стран.

О различныхъ плоскостяхъ воображаемыхъ живописцемъ, для приведенія въ перспективу изображаемыхъ имъ предмдтовъ . 298.
О сокращеніяхъ въ перспективѣ . . . 299.
Важность сего ученія для живописцевъ и рисовальщиковъ . . . . . — —
Приложеніе перспективы къ рисованію машинъ и произведеній промышленности . 300.
Приложеніе къ театральнымъ декараціямъ. 302.
Приложеніе коническихъ поверхностей къ Географіи . . . . . 303.
Приложеніе коническихъ поверхностей къ колинорамъ и зубчатымъ колесамъ . . 304.
ГЛАВА ДЕСЯТАЯ. *Развертывающіеся поверхности косыя поверхности и проч.* . 305.
Опредѣленіе развертывающейся поверхности . . . . . — —
Развертываніе сей поверхности . . . . 306.
Приложенія общія . . . . . 307.
Приложеніе къ искуству обойщика и къ драпировкѣ . . . . . 308.
Построеніе развертывающейся поверхности, проходящей чрезъ двѣ данныя кривыя линіи . . . . . 309.
Выпиливаніе кривыхъ частей . . . . . 310.
Приложеніе развертывающихся поверхностей къ разрѣзкѣ камней . . . . . — —

Digitized by Google

Стран.

Развертывающіяся поверхности швовъ сводныхъ камней . . . . . 312.
Приложеніе развертывающихся поверхностей къ покрышкѣ куполовъ . . . . 313.
Приложеніе къ обшивкѣ кораблей мѣдью . — —
Приложеніе къ работамъ картонщика и каретника . . . . . 314.
Приложеніе къ работамъ котельника, печника и жестяника . . . . . 315.
Развертывающіяся поверхности производимыя полосами . . . . . 316.
Приложеніе къ древкамъ, вооруженіямъ. . — —
Приложеніе къ строенію кораблей . . . — —
Образцы и выкройки развертывающіяся . 321.
Приложеніе къ кроенію матерій для одежды. — —
Разсужденіе о развертывающихся поверхностяхъ тканей служащихъ для одеждъ и драпировки . . . . . 322.
Косыя поверхности . . . . . 325.
Косыя лестницы . . . . . 326.
Примѣръ представляющійся крыльями вѣтреной мѣльницы и лѣсенками попугаевъ. — —
Приложеніе къ строенію кораблей . . . 327.
Выдѣлка натисей . . . . . 328.
Выдѣлка рыбинъ, употребляемыхъ для построенія кораблей . . . . . 330.
Приложеніе косыхъ поверхностей къ построенію лестницъ, для опредѣленія сторонъ швовъ ступеней . . . . . 333.

Digitized by Google

Стран.

ГЛАВА ОДИНАДЦАТАЯ. *О поверхностяхъ вращенія* . . . 337.

Опредѣленіе ихъ

О меридіанѣ и параллельныхъ кругахъ поверхностей вращенія . . . . . 338.

Поверхности вращенія произходящія отъ движенія прямой линіи: 1 Цилиндръ; 2. Конусъ; 3. Косая поверхность вращенія. 339.

Приложеніе къ ножницамъ и мотовиламъ . 341.

О шарѣ . . . . . — —

Опредѣленіе большихъ и малыхъ круговъ шара . . . . . 343.

Средства описывать шаръ . . . . . — —

Сферическая форма ядеръ, бомбъ и гранатъ. 344.

Чашечка, сегментъ и секторъ сферическія. 345.

Поверхность сферической чашечки равна окружности большаго круга шара умноженной на стрѣлку чашечки . . . . 347.

Поверхность шара равна окружности его большаго круга, умноженной на діаметръ сего большаго круга . . . . . — —

Поверхность шара равна четырежды взятой площади его большаго круга . . . — —

Толстота шара равна его поверхности умноженной на треть радіуса, или четырежды взятой площади большаго круга умноженной на треть радіуса . . . . 348.

Толстота сектора шара равна произведе-

Digitized by Google

нію изъ поверхности чашечки на треть радіуса шара . . . . . 349.
Развертываніе сферической или конической зоны . . . . . — —
Приложенія . . . . . 350.
Приближенныя формы шара, производимыя жестяниками, картонщиками и проч. 1. коническія формы; 2 цилиндрическія формы . . . . . 350.
Приложенія шара къ Географіи и Астрономіи . . . . . 353.
Ось, полюсы, меридіанальныя плоскости, меридіанальныя круги, параллельныя круги, Экваторъ земли . . . . . 354.
Раздѣленіе на градусы долготы и широты. 355.
Раздѣленіе поверхности земли на сферическія четырехугольники, для описанія предметовъ на оной находящихся . . 356.
Приложеніе къ уменьшенной картѣ . . . 453.
Приложеніе къ направленію путей въ мореходствѣ . . . . . 359.
Какимъ образомъ опредѣляютъ совершенное положеніе точки на поверхности земли по долготѣ, широтѣ и высотѣ. . . 360.
Небесный шаръ и раздѣленія его сходныя съ раздѣленіями земнаго шара . . . 363.
Геометрическія свойства шара показываютъ намъ, что видѣніе неба остается тѣмъ же, когда предположимъ землю не-

Digitized by Google

подвижною, а свѣтила вращающимися около оси міра или свѣтила неподвижными, а землю обращающуюся около той же оси . . . . . 367.
Кольцеобразныя поверхности . . . . . 368.
Различные примѣры кольцеобразныхъ поверхностей въ Архитектурѣ . . . . . 369.
Колокола, кауши . . . . . 370.
Кольце Сатурна, кольцеобразныя поверхности колесъ, блоковъ . . . . . 371.
Колеса повозокъ и ихъ строеніе . . . . . — —
Поверхность вращенія, которую представляютъ бочки . . . . . 372.
Дѣланіе бочекъ обыкновеннымъ способомъ или машинами . . . . . 373.
Изчисленіе пространства, занимаемаго бочками . . . . . 376.
Изчисленіе пространства, занимаемаго ядрами . . . . . 377.
ГЛАВА ДВѢНАДЦАТАЯ. *О спиральныхъ поверхностяхъ* . 379.
Построеніе спиральной кривой линіи . . — —
Спираль происходитъ отъ движенія точки, которая обращаясь около оси, идетъ параллельно оной и пропорціонально количеству обращенія ея около сей самой оси. 381.
Приложеніе къ токарнымъ работамъ . . 382.
Спираль поворачивающаяся на право и спираль поворачивающаяся на лѣво . . . — —

*

Digitized by Google

Стран

Спиральная фигура винта, щурупа . . . 383.
Какимъ образомъ щурупъ можетъ свободно обращаться около винта, касаясь всегда онаго во всѣхъ положеніяхъ . . . . 384.
Приложеніе . . . . . 386.
Правило машинъ для нарѣзки винтовъ , . 387.
Употребленіе винтовъ для точнѣйшаго параллельнаго удаленія или приближенія цилиндровъ . . . . . 388.
Упошребленіе установительныхъ винтовъ во многихъ инструментахъ . . . . . 389.
Спиральныя формы растѣній . . . . . — —
Спиральныя формы витыхъ колоннъ и цвѣточныхъ гирляндъ, обвиваемыхъ около колоннъ или цилиндровъ . . . . . 391.
Змѣйчатая труба куба . . . . . — —
Употребленіе спиральныхъ формъ при дѣланіи соломенныхъ шляпъ . . . . . 392.
Спирали, образующіяся волосными пуклями. 393.
Приложеніе спиральныхъ формъ къ выдѣлкѣ нитокъ и веревокъ . . . . . 394.
Пряденіе конопли и льна; употребленіе веретена и самопрялки . . . . . — —
Пряденіе шерсти и хлопчатой бумаги . . 397.
О шелкѣ . . . . . 401.
Приложеніе къ выдѣлкѣ канатовъ . . . 402.
Новое превосходное средство выдѣлывать веревки машинами . . . . . 403.
Спиральныя поверхности лѣстницъ . . . 404.

Digitized by Google

Стран.
Поверхность спирали Архимедова винта . 405.
Употребленіе спиралей въ часахъ . . . . 409.
ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ. *О пересѣченіи поверхностей* . . 411.
Средства, предлагаемыя Начертательною Геометріею для опредѣленія и представленія пересѣченія поверхностей . . . 412.
Пересѣченіе плоскостей . . . . . — —
Ось проэкцій есть пересѣченіе двухъ плоскостей, одной горизонтальной а другой вертикальной . . . . . 413.
Проэкціи точки . . . . . 414.
Проэкціи прямой линіи . . . . . 415.
Слѣды плоскости . . . . . 416.
Проэкціи прямолинейнаго многоугольника . 418.
Приложеніе къ чертежамъ плотника . . 421.
Приложеніе къ разрѣзкѣ камней . . . . 423.
Пресѣченіе прямыхъ линій и плоскостей съ кривыми поверхностями . . . . . 424.
Проэкціи цилиндра . . . . . 425.
Пересѣченіе цилиндра съ плоскостію . . — —
Приложеніе къ построенію кораблей . . 427.
Приложеніе пересѣченій цилиндровъ къ падающимъ тѣнямъ . . . . . — —
Польза сего приложенія для Архитекторовъ и живописцевъ . . . . . 429.
Какимъ образомъ въ чертежахъ толстыми и тонкими чертами означаютъ части освѣщенныя и части въ тѣни находящі-

Digitized by Google

ся; что позволяетъ различать выдающіяся части отъ вдавшихся . . . . 430.
Приложеніе къ перспективѣ . . . . . 431.
Пересѣченіе конуса и плоскости . . . . 432.
Коническія сѣченія . . . . . 432.
Опредѣленіе вертикальной и горизонтальной проэкцій пересѣченія конуса съ плоскостію . . . . . 432.
Объ эллипсисѣ, его центрѣ и объ его оси. 433.
Эллипсисъ есть симметрическая кривая въ отношеніи его осей . . . . . — —
Эллипсисъ есть сжатый или вытянутый кругъ пропорціонально всѣмъ хордамъ, параллельнымъ данной прямой. . . . . 434.
Каждый эллипсисъ имѣетъ два фокуса, или таковыя двѣ точки, коихъ разстояніе до каждой точки окружности всегда постоянно . . . . . 436.
Лучь свѣта выходя изъ одного фокуса отразится обводомъ онаго и пройдетъ чрезъ другой фокусъ . . . . . 437.
Эллипсисъ отражаетъ также и звукъ; если въ одномъ фокусѣ говорить или пѣть, то эхо сего разговора или пѣнія отдается въ другомъ фокусѣ . . . . . 438.
Планеты въ движеніи своемъ пробѣгаютъ эллипсисы, имѣющія одинъ изъ фокусовъ въ центрѣ Солнца . . . . . 438.
Поверхность вращенія, произходящая отъ

Digitized by Google

Стран.

обращенія эллипсиса около его большей оси; оптическія свойства сей поверхности . . . . . 438.

Средства описывать эллипсисъ, помощію прямой линіи, которой двѣ точки относительно двигаются по двумъ постоянным прямыхъ линіямъ . . . . . 439.

Примѣненіе сего свойства для описаніл эллипсической поверхности . . . . . 440.

О параболѣ . . . . . — —

Парабола есть сѣченіе конуса плоскостію параллельною одному изъ реберъ . . . — —

Ось и фокусъ параболы . . . . . — —

Лучь свѣта выходящій изъ фокуса параболы отражается параболою параллельно оси оной . . . . . 442.

Приложеніе къ маякамъ . . . . . — —

О Иперболѣ . . . . . 443.

Ипербола какъ и эллипсисъ имѣетъ двѣ оси, одинъ центръ и два фокуса . . . . 444.

Въ Иперболѣ разность радіусовъ векторовъ постоянна . . . . . — —

Пересѣченіе конуса съ кривыми поверхностями . . . . . 445.

Приложеніе къ Оптикѣ . . . . . — —

Панорама . . . . . — —

Магическія зеркала . . . . . 447.

Перспектива на куполахъ . . . . . 448.

Коническія тѣни . . . . . 449.

Digitized by Google

Стран.

Означенiе способа опредѣленiя пересѣченiя различныхъ поверхностей . . . . . 449.

ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ. *О касательныхъ линiяхъ и касательныхъ плоскостяхъ къ кривымъ линiямъ и кривымъ поверхностямъ* . . . . 451.

Что называется касательною къ кривой . — —

Касательная круга перпендикулярна къ концу радiуса . . . . . 452.

Нормалъ есть перпендикуляръ къ касательной или къ кривой, проведенный чрезъ точку общую касательной и кривой . 453.

Описанные или вписанные многоугольники въ кривыхъ и въ особенности въ кругѣ. 453.

Кругъ есть предѣлъ всѣхъ вписанныхъ и описанныхъ многоугольниковъ . . . . 454.

Предметъ общаго способа предѣловъ . . 455.

Выдѣлываниe предметовъ помощiю линiй, касающихся къ истинному обводу, который получить желали . . . . . — —

Прямыя линiи, касающiяся къ различнымъ кривымъ линiямъ и кривыя между собою касающiяся линiи . . . . . 456.

Плоскости касательныя къ поверхностямъ. 457.

Касательная плоскость содержитъ всѣ линiи касательныя къ поверхности и проходящiя чрезъ точку прикосновенiя . . 458.

Нормалъ поверхности есть линiя проведен-

Digitized by Google

Стран.

ная чрезъ точку касанія перпендикулярно къ касательной плоскости . . . . 458.
Плоскость касательная къ цилиндру . . 460.
Образованіе плоскостей помощію касательныхъ цилиндровъ . . . . . — —
Построеніе цилиндра помощію касательныхъ плоскостей . . . . . 461.
Касательныя плоскости къ конусу . . . 462.
Приложеніе къ построенію конусовъ . . — —
Плоскости, касательныя къ развертывающимся поверхностямъ . . . . . 463.
Цилиндры касающіяся другихъ цилиндровъ по длинѣ реберъ . . . . . 464.
Конусы и цилиндры, касающіеся между собою по длинѣ ихъ реберъ . . . . . 465.
Приложеніе къ искуству кузнеца, жестянака и котельника . . . . . — —
Цилиндры касающіеся и обертывающіеся около другихъ поверхностей . . . . 466.
Цилиндры обертывающіе шаръ . . . . . — —
Приложеніе къ выдѣлкѣ огнестрѣльныхъ орудій, калибраванію шаровъ . . . . 467.
Приложеніе къ тѣнямъ . . . . . 468.
Собраніе точекъ, ограничивающихъ въ пространствѣ отбрасываемую тѣломъ тѣнь, образуетъ цилиндръ, коего ребра касаются сего тѣла . . . . . 469.
Обертывающіяся поверхности . . . . . — —
Приложеніе къ столярному искуству . . 471.

Digitized by Google

Стран.

Конусы касающіеся къ шару . . . . . 471.

Коническія обертки пространства пробѣгаемаго шаромъ, измѣняющимъ свой радіусъ . . . . . 472.

Изъясненіе затмѣній . . . . . 473.

Видимый обмѣръ предметовъ . . . . . 475.

Приложеніе къ живописи . . . . . — —

Тѣни и полутѣни . . . . . 476.

Приложеніе къ дефиллированію . . . . . 477.

Приложеніе къ искуству токаря, и проч . 478.

Приложеніе къ обручамъ и мачтамъ . . — —

Обертывающія поверхности, происходящія отъ сгибанія нѣкоторыхъ линій . . . 479.

Приложеніе къ змѣинообразной трубкѣ куба. 480.

Приложеніе къ круглымъ лѣстницамъ съ круглымъ сводомъ . . . . . — —

Приложеніе къ веревкамъ . . . . . — —

Приложеніе къ пресмыкающимся . . . . — —

Приложеніе кольцеобразнымъ поверхностямъ. 481.

Приложеніе къ искуству кузнеца, свинечника, стекольщика, фаянсчика, и проч. . 483.

Искуство, съ которымъ котельники и жестяники выдѣлываютъ кольцеобразныя поверхности . . . . . 484.

Обертка движущейся поверхности измѣняющей свою величину безъ перемѣны формы . . . . . — —

Частный случай, когда сія поверхность есть шаръ . . . . . — —

Digitized by Google

Стран.
Примѣръ представляющійся формою змѣй . 485.
Приложеніе къ устроенію музыкальныхъ инструментовъ . . . . . — —
Приложеніе къ формамъ раковинъ. . . . 486.
Приложеніе къ формамъ рогъ животныхъ . — —
Полировка и проч. . . . . 487.
Приложеніе къ полированію орудій . . . — —
Приложеніе къ полированію шара . . . 488.
Приложеніе къ полированію стекла . . . — —
Приложеніе къ кораблестроенію . . . . — —
Важность внимательнаго разсматриванія средствъ для полученія различнаго рода поверхностей . . . . . 489.
ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ. *О кривизнѣ линій и поверхностей.* 491.
Кривизна линій пропорціональна количеству обращенія, раздѣленному на каждое малое пробѣгаемое пространство . . . — —
Кривизна круговъ одинакова вовсѣхъ его частяхъ . . . . . — —
Кривизны круговъ находятся въ обратномъ отношеніи величинъ ихъ радіусовъ . . 492.
Приложеніе къ кривизнѣ земли . . . . — —
Кривизна круга служитъ для измѣренія кривизны другихъ линій . . . . . 493.
Кругъ развертыванія, радіусъ кривизны и центръ кривизны . . . . . 494.
Очертываніе кривыхъ помощію нитки . . 495.
Приложеніе къ дѣйствію кулаковъ . . . 497.

Digitized by Google

Стран.

Кривыя образованныя рядомъ дугъ круга, представляющія круги развертыванія: эллипсисъ . . . . . 499.
Различныя степени непрерывности линій . 500.
Средство, употребляемое строителями кораблей для очертанія непрерывныхъ кривыхъ линій помощію гибкихъ линеекъ . 502.
Употребленіе Лекала . . . . . 504.
Линіи двоякой кривизны . . . . . — —
Кривизны шара . . . . . 506.
О кривизнѣ цилиндра . . . . . — —
О кривизнѣ конуса . . . . . 507.
О кривизнѣ развертывающихся поверхностей . . . . . — —
О кривизнѣ косыхъ поверхностей . . . 508.
О кривизнѣ выемки блоковаго колеса . . — —
Раздѣленіе поверхностей относительно кривизны на три класса . . . . . — —
Примѣры сихъ кривизнъ, находящіяся на поверхности человѣческаго тѣла . . . 509.
Польза, извлекаемая живописцами и ваятелями изъ сихъ различныхъ родовъ кривизнъ . . . . . 510.
Измѣняемая кривизна нѣкоторыхъ частей нашего лица. Физіогномія . . . . . 511.
О кривизнѣ человѣческаго черепа. Наблюденіе формъ его, относительно нѣкоторыхъ нашихъ наклонностей . . . . . 512.

Digitized by Google

Стран.

Приложеніе кривизны поверхностей къ Сравнительной Анатоміи . . . . . 513.

Польза, доставляемая симъ ученіемъ для промышленности . . . . . — —

Примѣчательный примѣръ въ формахъ зубокъ животныхъ . . . . . 514.

Указательный эллипсисъ формъ кривизны для поверхностей перваго класса . . . 515.

Указательныя инербола кривизны поверхностей третьяго класса . . . . . 517.

Линіи наибольшей кривизны перпендикулярны къ линіямъ наименьшей кривизны. 519.

Различныя приложенія . . . . . 520.

Какимъ образомъ мы судимъ о двухъ кривизнахъ поверхности по виду тѣни и свѣта; опредѣленіе положенія блестящей точки . . . . . 524.

Равноколерныя линіи . . . . . 526.

Художники пріобрѣтаютъ большее или меньшее искуство различать различныя роды поверхностей по одному только виду ихъ . . . . . 527.

Digitized by Google

Digitized by Google

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Англія была первая, гдѣ обратили особенное стараніе на приложеніе наукъ къ искуствамъ и ремесламъ, по чему и издѣлія оной имѣли всегда первенство передъ произведеніями другихъ государствъ; — тамъ существуютъ во многихъ городахъ народныя школы, въ которыхъ образуются отличные художники по всѣмъ частямъ искуствъ и ремеслъ. По сему же примѣру, знаменитый Дюпенъ, вздумалъ посѣять и въ своемъ отечествѣ семѣна просвѣщенія въ кругу ремесленниковъ и художниковъ. — Онъ посвятилъ имъ плоды двадцатилѣтнихъ своихъ наблюденій: Géometrie et Méchanique des arts et metiers et des beaux — arts. Сочиненіе сіе съ неимовѣрною быстротою разошлось по рукамъ, и увѣнчало успѣхомъ труды великаго Геометра—политика.

Руководствуясь разными примѣрами, и мудрое, благодѣтельное Правительство Россіи, толико рѣвнующее о улучшеніи промышленности,

Digitized by Google

заводить Технологическій Институтъ. Видя сіе предпріятіе Правительства, и зная сколь полезно было бы для нашихъ мастеровъ и Художниковъ имѣть хорошее руководство по части Прикладной Математики я рѣрѣшился съ своей стороны принести хотя малую жертву на пользу моего отечества—я рѣшился изложить на Русскомъ языкѣ упомянутое превосходное сочиненіе Дюпеня.

Строгій теоретикъ напрасно будетъ искать здѣсь тонкихъ, глубокомысленныхъ отвлеченностей Математики; ибо сочиненіе сіе писано сколь возможно простѣе и удобопонятнѣе для всякаго, — который только лишь знаетъ первыя четыре правила Ариѳметики. Эта выгода слишкомъ ощутительная!—

Въ переводѣ найдутся нѣкоторыя перемѣны противъ подлинника; ибо Дюпень писалъ для Французовъ а я излагаю сочиненіе его для Русскихъ.

Переводчикъ.

Digitized by Google

ГЕОМЕТРІЯ

ИСКУСТВЪ, РЕМЕСЛЪ и ИЗЯЩНЫХЪ ХУДОЖЕСТВЪ.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Прямыя линіи, углы, перпендикулярныя и наклонныя линіи.

Геометрія есть наука занимающаяся измѣреніемъ пространствъ и изысканіемъ отношеній оныхъ.

Пространство имѣетъ три измѣренія: длину, ширину и высоту, или глубину.

Всѣ тѣла находящіяся въ природѣ и тѣ, которыя производитъ искуство, представляютъ намъ сіи три рода измѣреній.

Всякое пространство, пустое или занятое какимъ либо тѣломъ, имѣетъ также сіи три измѣренія.

Digitized by Google

Поверхность тѣла составляется изъ точекъ, которыя отдѣляютъ часть пространства занятаго симъ тѣломъ отъ остальнаго пространства.

Слѣдовательно поверхность имѣетъ только длину и ширину, но не имѣетъ глубины; ибо точки простирающіяся въ глубину тѣла не могутъ составлять части сей самой поверхности тѣла.

Линіею называется непрерывный рядъ точекъ, раздѣляющихъ двѣ части поверхности тѣла. Геометрическая линія не имѣетъ ни ширины, ни глубины, а одну только длину.

Пространство, занятое какимъ либо тѣломъ, имѣетъ всѣ измѣренія того самаго тѣла. — Въ этомъ можно удостовѣриться снявши съ тѣла форму и вынувъ его изъ оной; видъ формы дастъ точное изображеніе того пространства, которое было занято тѣломъ.

Пустой ящикъ заключаетъ въ себѣ часть пространства, коего фигуру изображаетъ внутренность онаго.

Итакъ всѣ геометрическія свойства измѣреній тѣла принадлежатъ также и измѣ-

Digitized by Google

реніямъ пространства занимаемаго тѣмъ тѣломъ.

Вотъ по чему чистая теоретическая Геометрія, при изученіи отношенія измѣреній тѣла, не принимаетъ въ разсужденіе матеріальности онаго и качествъ его плоскостей. — Она представляетъ себѣ въ пространствѣ только форму тѣлъ и ихъ плоскостей. — Сначала такое отвлеченіе кажется нѣсколько затруднительнымъ: но оно упражняетъ разумъ и укрѣпляетъ воображеніе; наконецъ много способствуетъ къ уразумѣнію какъ чистой такъ и прикладной Геометріи.

Ученика должно постепенно къ тому приучать и показать ему чувствительную разность между тѣлами которыя разсматриваетъ Геометръ и тѣлами надъ которыми трудится художникъ.

Въ Геометріи ничто не препятствуетъ нашему воображенію представлять, что одно тѣло входитъ въ другое такимъ образомъ, что оно занимаетъ или все его пространство или часть онаго. Но въ искуствахъ сего уже не можетъ быть; никогда матеріальныя части двухъ тѣлъ не могутъ зани-

Digitized by Google

мать въ одно время одно и тоже пространство.—Если сіе и случится, то мы заключаемъ, что матеріальныя части одного тѣла помѣщаются въ пустотахъ другаго: такимъ образомъ вода всасывается въ поры губки.— Въ послѣдствіи времени мы увидимъ, сколь нужны сіи разсужденія для уразумѣнія дѣйствія машинъ.

Если представимъ себѣ, что тѣло уменьшается въ длинѣ, ширинѣ и высотѣ, то оно болѣе и болѣе будетъ приближаться къ мысленному предѣлу, т. е. къ *геометрической точкѣ*, для которой всѣ три измѣренія равны нулю.

Въ искуствахъ часто называютъ *точкою* часть плоскости или тѣла, имѣющую очень малыя измѣренія. — Таковы суть: *точки* въ письмѣ, точки *пунктирныхъ линій* въ черченіи, *пунктировка* въ рисованіи, гравировкѣ, и пр. —

Въ черченіи употребляютъ иногда, для означенія точекъ, инструментъ называемый *иголкою* или металлическое остроконечное тѣло, которое тамъ гдѣ оканчивается его длина почти не имѣетъ ширины и такимъ

Digitized by Google

образомъ приближается къ точкѣ, которую воображаютъ себѣ Геометры.

Необходимо нужно, чтобъ учащійся умѣлъ хорошо различать сіи различные способы разсматриванія точки какъ въ чистой такъ и въ прикладной Геометріяхъ.

Дабы изученіе Геометріи сдѣлать проще, то сначала разсматриваютъ, линіи, потомъ поверхности, и наконецъ тѣла, которыя называются *объемами*, въ отношеніи къ пространству ими занимаемому, и *твердыми*, если имѣютъ форму которую сами собою сохраняютъ, не будучи ни чѣмъ поддерживаемы, подобно тому какъ вино въ бутылкѣ, вода въ берегахъ, рѣки, озера и проч.

Геометрія предполагаетъ, что тѣла тверды, или по крайней мѣрѣ, что ихъ фигура не подлежитъ измѣненіямъ безъ правилъ и безъ предѣловъ, въ то время когда они составляютъ предметъ ея ученія.

Наипростѣйшая изъ всѣхъ линій и наиболѣе употребляемая въ искуствахъ есть *прямая линія*.

Прямая линія есть та, которая сохраняетъ вездѣ одно и тоже направленіе. Она

Digitized by Google

есть кратчайшій путь отъ одной точки до другой.

Такъ какъ между двумя точками нѣтъ двухъ разстояній, изъ коихъ каждое было бы кратчайшее, то слѣдуетъ что между двухъ точекъ нельзя провести двухъ прямыхъ линій. Итакъ когда двѣ прямыя линіи соединяютъ двѣ точки, то сіи прямыя линіи должны сливаться въ одну. Если сіи прямыя линіи будутъ начерчены на двухъ тѣлахъ, которыя станемъ накладывать одно на другое такимъ образомъ, чтобы двѣ точки одной прямой совершенно лежали на двухъ точкахъ другой прямой линіи, то сіи двѣ линіи такъ совмѣстятся, что составятъ одну и туже прямую линію. — Сіи свойства прямыхъ линій имѣютъ большое употребленіе въ искусствахъ.

1. *Дабы повѣрить, что проведенная уже линія есть прямая, посредствомъ другой совершенно прямой линіи*, то для сего должно двѣ точки сей второй линіи положить на двѣ точки первой, а потомъ смотрѣть, будутъ ли всѣ прочія точки первой съ нею совмѣщаться. — Въ противномъ случаѣ, повѣря-

Digitized by Google

емая линія не есть прямая, но ее можно таковою сдѣлать или спрямить.

2. *Чтобы проводить прямыя линіи*, для сего употребляютъ такія тѣла, которыя имѣютъ одно или многія прямыя ребра, какъ на примѣръ *линейки*. — Кладутъ линейку на поверхность, гдѣ прямая линія, представляемая однимъ бокомъ линейки, прилегаетъ къ оной совершенно во всѣхъ точкахъ: иначе нельзя провести прямую линію на поверхности. — По томъ, карандашемъ, иглою или другимъ какимъ инструментомъ, оканчивающимъ точкою или остріемъ, проводятъ по краю линейки на поверхности линію, которая и будетъ требуемая прямая линія.

Такимъ образомъ *стекольщики* рѣжутъ алмазомъ въ прямой линіи стекла на четырехугольные куски.

Если требуется провести прямую линію чрезъ двѣ данныя точки, то должно линейку столь близко приставить къ симъ точкамъ сколько позволитъ толстота карандаша или острія, которыя при семъ будемъ употреблять, и держа линейку крѣпко, проводить линію, наблюдая при семъ, чтобы

Digitized by Google

карандашъ или игла были всегда въ соприкосновенiи съ линейкою.

Когда учащiйся начинаетъ рисовать геометрическiя фигуры, то тщательно должно приучать его проводить прямыя линiи сначала карандашемъ, потому что если онъ начнетъ перомъ съ чернилами, то ему будетъ затруднительнѣе сохранить по всей длинѣ линiи одну и туже широту, и тогда, если сiя широта будетъ довольно значительна, она можетъ повредить точности рисунка. Онъ долженъ постепенно приучаться чтобъ проводимыя линiи были такой ширины, какая нужна только чтобы линiи сiи были видимы.

Мы говоримъ здѣсь о ширинѣ линiй, но только тѣхъ, которыя употребляются художниками, — ибо Геометръ воображаетъ себѣ линiю имѣющею одну только длину, то есть безъ ширины, - тогда какъ въ художествахъ всѣ линiи имѣютъ ширину, даже и тѣ, которыя должны представлять мысленныя геометрическiя линiи.

Въ искуствахъ часто называютъ линiями узкiя, не глубокiя и длинныя впадины или выпуклости, которыя такимъ образомъ приближаются къ мысленной геометрической

Digitized by Google

линіи. Таковы суть: желоба, пояски и валики въ Архитектурѣ, также фортификаціонныя малыя насыпи изъ земли, которыми осаждающіе окружаютъ крѣпость; рубежи означающіе границы владѣній и проч.

Въ письмѣ и книгопечатаніи, рядъ словъ приведенныхъ въ одно направленіе называется *линіею* или *строкою*, которой ширина ровна высотѣ буквъ и очень мала въ отношеніи къ ея длинѣ.

Веревочники называютъ *линіею* (у Французовъ) веревку, имѣющую очень малую толщину въ сравненіи въ ея длиною. Сія линія или веревка включается въ число инструментовъ практической Геометріи. Снурокъ повѣшенный за два конца, не беря въ разсужденіе его тяжести, принимаетъ видъ прямой линіи. Если снурокъ натремъ мѣломъ или углемъ, а потомъ, хорошо вытянувъ, плотно приложимъ къ какой либо плоскости и взявши за средину онаго не много приподнимемъ и опять отпустимъ-то онъ, приходя, въ прежнее положеніе, ударится о плоскость и произведетъ на оной изображеніе мѣломъ или углемъ прямой линіи.

Digitized by Google

При семъ надобно присовокупить, что должно тщательно различать мысленныя геометрическія прямыя линіи отъ тѣхъ, которыя употребляются въ художествахъ. Мы увидимъ во многихъ случаяхъ, что успѣхъ въ искуствахъ зависитъ отъ бо́льшаго или меньшаго приближенія искуственныхъ дѣйствій къ мысленнымъ геометрическимъ, въ свойствахъ которыхъ учащійся долженъ быть хорошо наставленъ.

Сдѣлавши это, должно дать ему понятіе о поверхности, которую можно образовать прямою линіею и потому называемой *прямою поверхностію* или *плоскостію*.

Если приложимъ къ плоскости прямую линію двумя ея точками, тогда сія прямая должна во всѣхъ прочихъ точкахъ касаться оной.

Въ искуствахъ, плоскости могутъ служить для дѣланія прямыхъ линіи и прямыя линіи для образованія плоскостей, о чемъ мы подробнѣе изъяснимъ, говоря о плоскостяхъ (смотри главу шестую).

Большая часть чертежей необходимыхъ для искуствъ производится на плоскостяхъ прежде для сего приготовленныхъ. Для не-

Digitized by Google

большихъ чертежей употребляютъ листы бумаги, пергамента, даже слоновую кость; для чертежей же болѣе обширныхъ часто приготовляютъ широкія доски, такъ напримѣръ корабельные мастера въ модельныхъ залахъ настилаютъ широкій помостъ. Плотники и каменьщики дѣлаютъ часто свои чертежи на лицевой сторонѣ стѣнъ.

Измѣреніе длины. Прямая линія, будучи кратчайшимъ путемъ между двумя точками, съ пользою служитъ для измѣренія сего кратчайшаго разстоянія.

167602.

Обыкновенныя измѣренія тѣлъ опредѣляются прямою линіею. Такимъ образомъ измѣряютъ длину, ширину и высоту складенныхъ дровъ, кирпича, дома, и проч.

Чтобы сравнить сіи различныя мѣры между собою, для сего должно взять какую либо мѣру за единицу и смотрѣть, сколько разъ сія единица будетъ содержаться въ измѣряемомъ предметѣ. Если она будетъ содержаться 1, 2, 3, 4, 5 . . . . . разъ, однимъ словомъ, точное число разъ, то сіе не представляетъ ни какой трудности; но можетъ случиться, что по измѣреніи какой либо линіи останется часть, въ которой при-

Digitized by Google

нятая за единицу мѣра не содержится, или которая будетъ менѣе сей единицы; въ такомъ случаѣ раздѣляютъ длину оной на какое либо число равныхъ частей, какъ напр. на 10, 100 и т. д., потомъ замѣчаютъ сколько десятыхъ, сотыхъ и проч. будетъ въ себѣ содержать оставшаяся неизмѣренная линія.

Масштабъ есть прямая линія AB (фиг. 1), на которой назначаютъ какое либо число мѣрныхъ единицъ и подраздѣленія сихъ единицъ. Геометрія научаетъ какимъ образомъ раздѣлять и чертить масштабы съ величайшею точностію. Дѣйствіе сіе есть одно изъ самыхъ нужнѣйшихъ въ искуственныхъ работахъ, гдѣ успѣхъ зависитъ отъ точности оныхъ. (Смотри пятую главу.)

Хорошо для художника имѣть съ собою линейку раздѣленную на части, по принятымъ мѣрамъ. Таковы суть наши футы, аршины, и проч.

Ремесленники часто, изъ пустой только экономіи, покупаютъ за дешевую цѣну такія мѣры, коихъ раздѣленіе сдѣлано не точно, или которыя отъ дѣйствія погоды коробятся, и измѣняются въ своей длинѣ, т. е.

Digitized by Google

дѣлаются у одного или другаго конца короче. Нѣтъ надобности убѣждать ремесленниковъ покупать хорошія мѣры и инструменты; ибо преимущество, которое сіи инструменты дадутъ ихъ работамъ, вознаградитъ съ прибылью сіи первыя издержки. Мы часто увидимъ сію истину.

Разсмотрѣвши отдѣльно одну прямую линію, изслѣдуемъ теперь сопряженіе многихъ прямыхъ линій, относительно взаимнаго ихъ положенія.

Положимъ что прямая линія ABX (фиг. 2) вращается около неподвижной точки A, и принимаетъ постепенно положенія AC, AD, AE, и проч.; поелику въ движеніи семъ она безпрестанно болѣе и болѣе удаляется отъ первоначальнаго положенія ABX, то удаленія оной или пространства BAC, BCD, BAE и проч. и вообще всякое пространство заключающееся между двумя взаимно встрѣчающимися линіями называется *угломъ*; точка A, откуда начинаются двѣ линіи AB и AC, называется *вершиною* угла, а самыя сіи линіи AB, AC *сторонами* онаго.

Для выраженія угла образуемаго двумя сторонами AB и AC, иногда говорятъ просто

Digitized by Google

уголъ А, но болѣе ВАС, полагая въ срединѣ букву А, означающую вершину онаго, а по краямъ буквы В и С, принадлежащія двумъ сторонамъ его.

Линія АХ (фиг. 2), обращаясь постоянно около вершины А, въ положеніи АМ будетъ совершенно прямо противоположна линіи АВ, если же она будетъ продолжать движеніе свое, то станетъ приближаться къ АВ съ другой стороны, пока наконецъ сдѣлавши цѣлой *оборотъ* съ нею не совмѣстится.

Очевидно, что въ положеніи АМ прямая линія АХ, начиная отъ АВ, сдѣлала *полъ-оборота*; въ самомъ дѣлѣ, если перегнуть фигуру ВАМЕ, внизъ по линіи ВАМ, то верхняя часть совершенно покроетъ нижнюю и онѣ совмѣстятся.

Въ движеніи войскъ, на примѣръ, если солдаты выстроены въ прямой линіи (фиг. 3) и нужно перемѣнить фронтъ лицемъ назадъ, то командуютъ *на лѣво кругъ*; по послѣднему слову каждый человѣкъ выноситъ правую ногу впередъ къ носку лѣвой ноги (фиг. 4); по томъ командуютъ окончательно *гомъ*; тогда всѣ солдаты поворачиваются на пяткахъ своихъ и принимаютъ положеніе (фиг. 5),

Digitized by Google

отъ чего правая нога, бывшая въ фиг. 4 впереди, теперь будетъ назади, а послѣ они придвигаютъ ее впередъ къ лѣвой ногѣ (фиг. 6); здѣсь солдаты сдѣлали половину оборота, а когда они еще повернутся на *лѣво кругомъ*, тогда примутъ прежнее положеніе фиг. 3, и сдѣлаютъ полный оборотъ.

Разсматривая углы, которые образуетъ прямая линія AC, съ прямою DAB (фиг. 7) замѣчаемъ здѣсь два угла, меньшій BAC и большій CAD, сумма коихъ всегда равна половинѣ оборота AC отъ AB до AD.

Такъ какъ уголъ BAC есть то, чего недостаетъ углу DAC до цѣлаго полъ-оборота; равномѣрно и уголъ DAC также есть то, чего недостаетъ углу BAC до цѣлаго полъ-оборота: то по сей причинѣ уголъ BAC называется *дополненіемъ* угла DAC, и уголъ DAC именуется *дополненіемъ* угла BAC,

Положимъ, что уголъ BAC увеличивается, или что AC удаляется отъ AB; тогда дополненіе его уголъ DAC будетъ уменьшаться, и наконецъ AC приметъ такое положеніе, что оба угла будутъ равны между собою (фиг. 8). Каждый изъ сихъ равныхъ угловъ называется *прямымъ угломъ*; итакъ

Digitized by Google

прямой уголъ есть половина полуоборота, слѣдовательно есть *четверть оборота*.

Прямой уголъ BAC, или DAC (фиг. 8), или четверть оборота, есть тотъ изъ угловъ, который въ искуствахъ и ремеслахъ строится и измѣряется почти безпрестанно.

При движеніи войскъ, часто употребляютъ четверть оборота, называя оную *поворотомъ*. — Когда плутонгъ выстроенный по линіи AB (фиг. 8), долженъ перемѣнить положеніе сіе на другое AC, перпендикулярное къ первому AB, тогда командуютъ на *лѣво* или на *право*, послѣ чего солдаты поворачиваются такимъ образомъ, что если точка A была съ лѣвой руки то на лѣво, а если съ правой то на право, и по другой командѣ, *лѣвое плечо впередъ маршъ маршъ*, заходятъ у точки A, лѣвымъ плечомъ впередъ, или поворачиваются у оной точки на право и продолжаютъ итти прямо по направленію AC.

Предположимъ теперь двѣ прямыя линіи MON и OL (фиг. 9 и 10), для которыхъ положеніе линіи OL таково, что углы NOL и MOL равны между собою; тогда сіи два угла будутъ равны первымъ двумъ угламъ BAC и

Digitized by Google

CAD (фиг. 8), которые мы назвали *прямыми целами.*

Для доказательства сего, прямую линію DAB (фиг. 8), положимъ на MON (фиг. 9), такимъ образомъ, чтобы точка A легла на точку O тогда по свойству прямыхъ линій онѣ совершенно одна другую закроютъ или совмѣстятся, за семъ нужно только, чтобы линія AC совмѣстилась съ стороною OL. Положимъ, если возможно, что AC пала въ лѣво отъ OL какъ въ фиг. 9; то очевидно что углы CAB и CAD равны между собою, MOL превосходитъ а между тѣмъ наложенный на него уголъ CAD угломъ COL, и уголъ NOL, меньше наложеннаго на него угла CAB, угломъ COL; слѣдовательно углы MOL и NOL въ такомъ случаѣ равны быть не могутъ. Но положимъ что AC можетъ пасть въ право отъ OL, и здѣсь (фиг. 10); также углы BAC и DAC равны между собою, MOL меньше DAC и NOL больше BAC, слѣдовательно не могутъ быть равны между собою. Итакъ AC не можетъ пасть ни въ право ни въ лѣво отъ OL, слѣдовательно должна покрыть оную совершенно. По сему прямые углы образуемые прямыми линіями AC, BD и други-

Digitized by Google

ми прямыми линіями OL, MN всѣ равны между собою.

Таковы суть первыя правила на которыхъ основано употребленіе наугольника. *Наугольникъ* составляется изъ двухъ прямыхъ линеекъ AB и AC (фиг. 11), неподвижно одна къ другой прикрѣпленныхъ въ A, такъ что онѣ составляютъ прямой уголъ. Если напримѣръ потребно въ точкѣ O (фиг. 12) провести линію OL, которая бы съ линіею MON дѣлала два прямыхъ угла, то для сего прикладываютъ одну изъ сторонъ наугольника, напр. AC, по длинѣ ON, такъ чтобы точка A была сколь возможно ближе къ точкѣ O; потомъ извѣстнымъ способомъ проводятъ прямую OL, которая и будетъ искомая.

Если художникъ, или ремесленникъ станетъ употреблять наугольникъ не вывѣривъ его напередъ надлежащимъ образомъ, то произведенія работы его не будутъ имѣть должной точности и вѣрности.

Повѣрка наугольника. Дабы повѣрить наугольникъ BAC (фиг. 11), для сего проводятъ сколь возможно вѣрнѣе на плоскости прямую линію MON (фиг. 13); потомъ прикладываютъ наугольникъ стороною AC, какъ

Digitized by Google

можно ближе къ линіи ON, а по сторонѣ AB проводятъ на плоскости линію OL; сдѣлавши сіе, поворачиваютъ наугольникъ и помѣщаютъ его въ B'A'C', положивъ A'C' по длинѣ OM, и замѣчаютъ каково будетъ направленіе другой стороны A'B'. 1) Если она точно упадетъ на проведенную линію OL, то наугольникъ вѣренъ. 2) Буде вторая сторона наугольника не встрѣтитъ линіи OL, то онъ не вѣренъ, и уголъ имъ означаемый будетъ меньше прямаго. 3) Когда сія вторая сторона перейдетъ за линію OL, то наугольникъ будетъ еще хуже, а уголъ имъ означаемый больше прямаго.

Мы увидимъ послѣ какимъ образомъ исправлять невѣрные наугольники.

Корабельные мастера называютъ *малкою* или *малочниколъ*, инструментъ XYZ (фиг. 14), весьма удобный для сниманія и перенесенія угловъ всякаго рода. — Инструментъ сей состоитъ изъ двухъ линеекъ, вращающихся около одного стержня, такимъ образомъ, что онъ можетъ образовать всѣ углы, начиная отъ чрезвычайно малаго до чрезвычайно большаго. При семъ должно наблюдать, чтобы стержень прижималъ линейки сіи одну къ дру-

Digitized by Google

гой столь плотно, чтобы при раздвиганіи оныхъ чувствуемо было нѣкоторое сопротивленіе тренія, дабы онѣ могли сохранять положеніе свое, когда изображаютъ какой либо уголъ. Изъ сего видно, сколь легко при какой нибудь точкѣ, на примѣръ при O на линіи OL, сдѣлать уголъ LOM (фиг. 15), равный другому какому углу BAC (фиг. 14). Прежде малочникъ повѣряется тѣмъ, чтобы двѣ стороны его XY, YZ были въ направленіи линій AC и AB (фиг. 14); послѣ переносятъ его на фиг. 15., наблюдая чтобъ уголъ имъ означаемый ни сколько не перемѣнялся, и накладываютъ XY на OL, а потомъ карандашемъ, иглою или веревкою проводятъ по сторонѣ YZ линію OM, и уголъ MOL будетъ равенъ углу BAC.

Примѣчаніе. Небезполезно замѣтить, что способъ нами здѣсь употребленный, какъ для перенесенія угловъ такъ и для узнанія ихъ равенства, налагая наугольники или малочники на фигуры, и такимъ же образомъ фигуры на фигуры, имѣетъ большое употребленіе въ практикѣ и въ доказательствахъ Геометріи; ибо если двѣ фигуры, будучи одна на другую наложены, совершенно другъ друга покрываютъ или совмѣщаются, то ясно, что онѣ и

Digitized by Google

одной формы и одной величины, то есть совершенно равны между собою. Такимъ образомъ портные накладываютъ выкройки на матеріи и выкраиваютъ по контуру оныхъ фигуры, которыя совершенно бываютъ равны выкройкамъ.

Если линія AC, (фиг. 16) дѣлаетъ съ линіею DAB два прямые угла BAC и CAD, то говорятъ, что сія линія AC *перпендикулярна* къ DAB. Слѣдовательно, чтобы провести перпендикуляръ AC къ линіи DAB въ точкѣ A, то въ оной точкѣ должно приставить наугольникъ XYZ стороною YZ по длинѣ линіи AB и по томъ по сторонѣ XY провести AC. Мы приведемъ еще другой способъ проводить перпендикуляры.

Перегнемъ фиг. 17 въ точкѣ B на двое, такъ чтобъ BC совершенно находилось на BD, тогда получимъ линію ABE и углы ABD и ABC равные между собою; а поелику уголъ CBE покроетъ уголъ DBE, то слѣдуетъ, что они также будутъ равны между собою какъ и верхніе, и тогда если двѣ прямыя линіи пересѣкутся и изъ четырехъ угловъ, отъ сего произшедшихъ, одинъ будетъ прямой, необходимо и остальные три угла будутъ

Digitized by Google

также прямые и каждая изъ линій AB, BE будетъ перпендикулярна къ прямой линіи DBC.

Изъ данной какой либо точки B (фиг. 18) на данную линію DAC одинъ только перпендикуляръ BA опустить можно.

Дабы въ семъ удостовѣриться положимъ что на прямую линію DAC можно опустить два перпендикуляра BA и BD. Продолжимъ AB на разстояніе Ab равное длинѣ AB; по томъ, проведя прямую линію Db, перегнемъ часть DACb на DCAB. Поелику углы bAC и BAC равны между собою, то Ab падетъ на AB, точка b совпадетъ съ точкою B, и Db совмѣстится съ DB; а поелику и уголъ ADb равенъ прямому углу ADB, то Db будетъ продолженіе перпендикуляра DB, отъ чего выходитъ, что чрезъ двѣ точки B и b можно провести двѣ прямыя линіи bAB и bDB, чего быть не должно; слѣдовательно изъ одной и тойже точки на данную прямую линію болѣе одного перпендикуляра провести не можно.

Теперь приступимъ къ разсмотрѣніе косвенныхъ угловъ.

Когда прямая CD (фиг. 19), съ прямою линіею ACB образуетъ два неравныхъ угла,

Digitized by Google

изъ коихъ одинъ будетъ менѣе а другой болѣе прямаго угла ACE, то меньшій изъ оныхъ называется *острымъ угломъ*, а большій *тупымъ угломъ*.

Очевидно, что сіи два угла около точки C съ одной стороны линіи AB занимаютъ такое же пространство, какое занимаютъ два прямыхъ угла ACE и BCE; слѣдовательно *сумма угловъ остраго* BCD *и тупаго* ACD *равна двумъ прямымъ угламъ*.

Легко замѣтить, что острый уголъ BCD равенъ прямому углу безъ угла DCE; а тупой уголъ ACD равенъ прямому сложенному съ угломъ DCE.

Продолжимъ линію DC до точки F и сравнимъ вновь полученные отъ сего два угла ACF и BCF съ первыми.

1. Уголъ ACD съ угломъ BCD, которые составляетъ линія CD съ прямою AB, равны двумъ прямымъ угламъ; слѣдовательно уголъ BCD равенъ двумъ прямымъ угламъ безъ угла ACD.

2. Уголъ ACD съ угломъ ACF, дѣлаемые линіею AC съ линіею DCF, также равны двумъ прямымъ; слѣдовательно уголъ ACF равенъ двумъ прямымъ угламъ безъ угла ACD.

Digitized by Google

Такъ какъ каждый изъ угловъ BCD и ACF равенъ двумъ прямымъ угламъ безъ угла ACD, то слѣдуетъ, что они равны между собою. Подобнымъ же образомъ докажется равенство угловъ ACD и BCF, которые какъ и первые *противоположны вершинами.*

Такимъ образомъ когда двѣ прямыя линія взаимно пересѣкаются, то образуютъ четыре угла, и притомъ:

1. Сумма двухъ соприкосновенныхъ угловъ по одну сторону прямой равна двумъ прямымъ угламъ.

2. Углы *противоположные вершинами* равны между собою.

Теперь сравнимъ между собою перпендикулярныя и наклонныя линіи.

Если изъ какой нибудь точки D (фиг. 20) проведемъ до прямой AB, прямую DE образующую два угла AED и DEB, которые не суть прямые, то сія линія DE будетъ *наклонная* къ линіи AB. Когда же проведемъ къ AB перпендикуляръ DC, то изъ сказанныхъ двухъ угловъ AED и DEB, тотъ отверстіе котораго обращено къ перпендикуляру будетъ *острый*, а другой *тупой*.

Digitized by Google

Продолживъ DC внизъ до d на разстояніе равное DC, проведемъ линію Ed; по томъ перегнемъ нижнюю часть фигуры около линіи AB, какъ будто на шарньерѣ; тогда по причинѣ равенства угловъ BCD и BCd линія Cd совпадетъ съ CD и точка d будетъ находиться въ точкѣ D; изъ сего слѣдуетъ, что Ed равна ED, а поелику прямая линія есть кратчайшій путь отъ одной точки до другой, то ломанная линія DEd соединяющая точки D и d должна быть длиннѣе прямой линіи DCd, соединяющей тѣже самыя точки; слѣдовательно и половина линіи DEd или DE будетъ длиннѣе половины линіи DCd, то есть перпендикуляра DC.

Таково свойство прямой линіи DC (фиг. 20), перпендикулярной къ другой прямой AB, что *она короче всякой другой наклонной линіи, проведенной отъ вершины перпендикуляра D до прямой линіи AB.* А какъ линіи DC и DE означаютъ разстоянія точки D до прямой линіи AB, то слѣдуетъ что *кратчайшее разстояніе отъ какой либо точки до прямой линіи есть перпендикуляръ опущенный изъ сей точки на ту прямую линію.*

Digitized by Google

Вотъ одно изъ свойствъ первоначальной Геометріи, которое само по себѣ примѣчательно и весьма важно въ приложеніи къ искуствамъ.

Мы часто будемъ имѣть надобность отыскивать *наименьшія* линіи, *наименьшія* плоскости и *наименьшіе* объемы, которые бы удовлетворяли требуемымъ условіямъ: но не всегда будетъ сіе для насъ легко сдѣлать. Вопросы относящіяся до сего предмета, отъ которыхъ зависитъ вся экономія практическихъ дѣйствій, по важности своей, должны быть болѣе изслѣдованы и мы постараемся изложить ихъ сколь возможно простѣе и удобопонятнѣе.

Положимъ теперь что по обѣ стороны основанія B (фиг. 21) перпендикуляра DB, на линіи ABC отложены равныя разстоянія AB и BC; я говорю что наклонныя линіи AD и CD равны между собою. Въ самомъ дѣлѣ если по линіи BD часть BDC перегнуть, то по равенству угловъ ABD и CBD (ибо BD перпендикулярна къ ABC) линія BC падетъ на AB и по равенству линій AB и BC точки C и A совмѣстятся; слѣдовательно тогда и CD совершенно покроетъ AD. Итакъ *на-*

Digitized by Google

клонныя линіи равно отстоящія отъ основанія перпендикуляра равны между собою.

Приложеніе сего правила къ повѣркѣ перпендикуляровъ. Живописцы, столяры, плотники, каменьщики, и проч. весьма часто прибѣгаютъ къ сему правилу, если желаютъ повѣрить, будетъ ли линія проведенная прямая линія перпендикулярна къ другуй прямой, безъ помощи наугольника; для сего по обѣ стороны повѣряемой линіи отмѣриваютъ какъ можно точнѣе длины BA и BC равныя между собою; по томъ линейкою или другимъ какимъ либо инструментомъ измѣряютъ разстояніе точекъ A и D, то есть длину наклонной линіи AD и наносятъ сію самую длину на другую наклонную DC; если онѣ будутъ совершенно одинаковы, то удостовѣрются въ вѣрности перпендикуляра.

Повѣряя симъ способомъ положеніе перпендикуляра BD къ ABC, должно брать наклонныя Da и Db не близко къ перпендикуляру и не далеко отъ онаго, ибо въ первомъ случаѣ разность между наклонною линіею и перпендикуляромъ будетъ очень мала и легко можно ошибиться, а во второмъ неудобно брать большія наклонныя линіи; самое луч-

Digitized by Google

шее и выгоднѣйшее положеніе оныхъ будетъ то, когда AB, BC и BD равны между собою.

Такаго рода предосторожностями художникъ можетъ дойти въ своихъ произведеніяхъ до требуемой точности.

Мы доказали, что наклонныя линіи длиннѣе перпендикуляра; теперь докажемъ, что *наклонныя линіи становятся тѣмъ длиннѣе чѣмъ болѣе удаляются отъ перпендикуляра.*

Пусть, (фиг. 22) OD перпендикулярна къ OB; говорю я, что изъ двухъ наклонныхъ DC, и DB та будетъ короче, которая ближе къ перпендикуляру. Въ самомъ дѣлѣ, если проведемъ линію CK перпендикулярно къ CD, то CD будетъ короче DK, слѣдовательно тѣмъ паче короче линіи BD.

Въ Механикѣ мы увидимъ большое употребленіе сего важнаго свойства. Положимъ, что требуется двигать тѣло B (фиг. 23) къ направленію AC перпендикулярно по BM, и представимъ себѣ что къ тѣлу B привязаны двѣ веревки BA и BC; очевидно, что для уменьшенія разстояній отъ сихъ точекъ до тѣла надобно тянуть первую веревку къ точкѣ A, а вторую къ точкѣ C. Тогда тѣло B будетъ болѣе и болѣе приближаться къ M, такъ что

Digitized by Google

линіи AB′, AB″, CB′, CB″ будутъ становится *менѣе и менѣе наклонными*. Если, напротивъ, надобно B удалить отъ AC, то употребляютъ негибкіе желѣзные или деревянные шесты или рычаги, посредствомъ которыхъ изъ точекъ C и A его отталкиваютъ. Рычаги сіи постепенно будутъ принимать положеніе *болѣе и болѣе косвенное*, и слѣдовательно длина ихъ будетъ становиться болѣе и болѣе значительною, какъ между B и A такъ и между B и C.

---

*

Digitized by Google

Digitized by Google

ГЛАВА ВТОРАЯ.

О параллельныхъ линіяхъ и сопряженіи ихъ съ перпендикулярными и наклонными линіями.

Если двѣ прямыя линіи, находящіяся въ одной плоскости, сколь бы далеко продолжены ни были, нигдѣ не встрѣчаются, то называются *параллельными*.

Чрезъ данную точку A (фиг. 1 и 2) можно провести *одну* токмо прямую линію AB, которая, будучи продолжена въ обѣ стороны, никогда не встрѣтитъ другую прямую линію CD.

Чтобы провести такую линію AB, должно изъ точки A на линію CD опустить перпендикуляръ AC, а по томъ провести AB перпендикулярно къ AC; тогда сія линія AB и будетъ искомая параллельная данной прямой линіи CD: ибо если предположить, что сіи двѣ линіи не параллельны, то онѣ, будучи довольно продолжены, должны встрѣтиться, а тогда выдетъ, что изъ одной точки на одну и туже линію можно опустить два перпен-

Digitized by Google

дикуляра, что противно доказанному нами въ первой главѣ.

Теперь докажемъ, что всякая другая линія AE должна пересѣчь линію CD. Сколько бы уголъ BAE малъ ни былъ, если линія AE будетъ обращаться около точки A, то очевидно что она станетъ удаляться отъ линіи AB и уголъ BAE повторится довольное число разъ въ пространствѣ четверти оборота BAC. Возмемъ нѣсколько точекъ C_1, C_2, C_3, C_4, и проч. отдаленныхъ одна отъ другой на разстоянія равныя линіи AC и возставимъ перпендикуляры C_1D_1, C_2D_2, C_3D_3, C_4D_4 и проч.; они раздѣлятъ пространство $BACC_1C_2C_3$..... на полосы параллельныя и равномѣрныя съ плоскостію BACD, которыхъ можно сдѣлать больше нежели малыхъ угловъ BAE, EAE_1, E_1AE_2, E_2AE_3, ... въ прямомъ углѣ $BACC_1$ Слѣдовательно пространство одной полосы BACD менѣе пространства занимаемаго угломъ BAE, какъ бы сей послѣдній малъ ни былъ. Такое условіе требуетъ, чтобы продолженная прямая линія EA встрѣтила линію CD: ибо въ противномъ случаѣ пространство BAE, составляющее часть пространства BACD, было бы больше

Digitized by Google

сего самаго пространства BACD, чего быть не можетъ.

Изъ сего слѣдуетъ, что если двѣ линіи AB и CD параллельны и одна изъ нихъ перпендикулярна къ третьей линіи AC, то и другая будетъ также перпендикулярна къ сей третьей линіи.

Въ рисовальномъ, столярномъ и во многихъ другихъ искуствахъ часто употребляютъ показанное свойство параллельныхъ линій. Есть инструментъ называемый *винкельгакъ*, который составляется изъ двухъ прямыхъ линеекъ MN и OP (фиг. 3), соединенныхъ вмѣстѣ на подобіе буквы T. Сей инструментъ прикладываютъ бокомъ MN, который короче и толще другаго, къ сторонѣ AD доски ABCD, а потомъ по линейкѣ OP, перпендикулярной къ MN, проводятъ прямыя линіи AB и EF, которыя и будутъ между собою параллельны.

При построеніи войскъ въ колонны, то есть въ параллельные плутонги, или взводы AB, CD, EF, и проч. (фиг. 4), выставляютъ солдатъ (желонеровъ) въ точкахъ A, C, E, G, на прямой линіи и въ равныхъ одинъ отъ другаго разстояніяхъ; по томъ каждый плутонгъ или взводъ пристроивается къ онымъ

Digitized by Google

перпендикулярно линіи ACEG . . . : очевидно что они будутъ между собою параллельны.

Въ искуствахъ, въ большомъ употребленіи линіи, находящіяся въ равныхъ между собою разстояніяхъ.

Буквы въ строкахъ расположены на линіяхъ повсюду равно между собою отстоящихъ, и слѣдовательно на паралельныхъ линіяхъ. Даже самыя буквы имѣютъ свои прямыя стороны, какъ на примѣръ m и n, въ равныхъ разстояніяхъ въ верьху и въ низу: единственная разность сихъ параллельныхъ сторонъ можетъ состоять только въ томъ, что однѣ перпендикулярны къ линіямъ строкъ, въ письмѣ кругломъ и въ печатныхъ буквахъ, а другія наклонены въ право; какъ въ Итальянскомъ почеркѣ; а иныя наклоняются въ лѣво.

Въ музыкѣ также употребляются параллельныя линіи (фиг. 5), для расположенія на оныхъ точекъ или кружечковъ, простыхъ или съ параллельными между собою черточками. Точки сіи такъ соединяются между собою, что ими означается время для произведенія звуковъ каждаго соединенія; время сіе называется мѣрою, а различныя мѣры отдѣлены прямыми линіями перпендикулярными къ пер-

Digitized by Google

вымъ параллельнымъ линіямъ. Слѣдовательно перпендикуляры сіи также параллельны между собою.

Иногда проводятъ однимъ разомъ пять параллельныхъ линій посредствомъ *раштры*, имѣющей пять металлическихъ чертежныхъ перьевъ, которую прикладываютъ къ линейкѣ такимъ образомъ, чтобы линія пяти остріевъ была перпендикулярна къ краю линейки; очевидно что проведенныя такимъ образомъ линіи будутъ находиться въ равныхъ между собою разстояніяхъ, слѣдовательно будутъ параллельны.

Употребленіе параллельныхъ линій въ искуствахъ безконечно. Земледѣлецъ дѣлаетъ свои борозды, также параллельными; бороня землю, онъ тащитъ борону по прямой линіи, а зубья оной проходя вездѣ въ равныхъ разстояніяхъ, описываютъ параллельныя линіи.

Гравёръ, изображая гладкія, ровныя плоскости, представляетъ ихъ болѣе или менѣе темными, посредствомъ штриховъ болѣе или менѣе крѣпкихъ, но параллельныхъ и въ равныхъ одинъ отъ другаго разстояніяхъ.

Если онъ изображаетъ плоскость, которой часть удаляется отъ зрителя, то

Digitized by Google

употребляетъ прямые параллельные штрихи, наблюдая чтобы тѣ, которые ближе къ зрителю, были темнѣе и шире другихъ. Ихъ можно дѣлать равной ширины и тѣни, но за то болѣе и болѣе одни отъ другихъ расходящимися, смотря по тому какъ плоскость, которую они изображаютъ, будетъ свѣтлѣе или далѣе отъ зрителя. Самыя сіи постепенности подлежатъ правиламъ Геометріи. Художникъ, желающій дать произведеніямъ своимъ болѣе совершенства, долженъ имѣть точное объ нихъ понятіе.

Теперь можно доказать что двѣ прямыя параллельныя линіи по всему протяженію ихъ имѣютъ одинаковое разстояніе.

Проведши двѣ параллельныя линіи AB и CD (фиг. 6) и къ нимъ перпендикулярныя прямыя AC и MN, означимъ средину линіи AM чрезъ H, и сдѣлавши HK перпендикулярно къ двумъ параллельнымъ линіямъ, согнемъ фигуру по сей линіи какъ будто около шарньера, такъ чтобы лѣвая часть оной пала на правую; тогда прямые углы KHA и KHM съ одной стороны, HKC и HKN съ другой стороны, будучи равны между собою, сдѣлаютъ то что HA совмѣстится съ HM и

Digitized by Google

CK съ KN. Поелику же и углы HAC, HMN, какъ прямые, также равны между собою, то слѣдуетъ что и AC совпадетъ съ линіею MN и точка C будетъ находиться въ точкѣ N, а потому и перпендикуляры AC и MN будутъ равны между собою.

Итакъ *всѣ перпендикуляры*, каковы AC, MN (фиг. 6), *измѣряющіе въ различныхъ мѣстахъ разстоянія двухъ параллельныхъ линій, равны между собою:* они суть кратчайшія разстоянія между сими параллельными линіями.

Линіи AC и MN, перпендикулярныя къ одной и той же прямой AB, параллельны между собою: слѣдовательно прямыя AM, CN, которыя къ нимъ перпендикулярны, должны быть равны между собою.

Изъ выше сказаннаго явствуетъ, что если двѣ параллельныя линіи AB, CD, пересѣкаются параллельными и къ нимъ перпендикулярными двумя другими линіями, то части первыхъ двухъ линій, заключающіяся между другими, равны между собою, равно какъ и части двухъ другихъ линій, заключающіяся между первыми, также равны между собою.

Digitized by Google

Приложенiе къ желѣзнымъ или колейчатымъ дорогамъ. Дороги сiи бываютъ со впадинами или выпуклостями; колеи оныхъ совершенно прямы и гладки; въ нихъ или на нихъ съ точностiю должны двигаться четыре колеса телѣги, два по правой колеѣ и два по лѣвой. Когда одна изъ колей пряма, то другая должна быть вездѣ равно удалена отъ оной на разстоянiе колесъ; слѣдовательно колеи сiи должны быть совершенно параллельны. Поелику онѣ сами по себѣ не имѣютъ неправильностей, и притомъ *прямолинейны и параллельны*, то по нимъ выгоднѣе и экономнѣе перевозить грузы нежели по обыкновеннымъ дорогамъ.

Положимъ что линiя CD должна приближаться (фиг. 6.) къ линiи AB, такъ чтобы сiя линiя CD оставалась перпендикулярною къ AC; тогда она не измѣнитъ своего параллельнаго положенiя относительно линiи AB, ибо она приближается всѣми частями на разстоянiя вездѣ равныя.

Сiе движенiе параллельныхъ линiй и сохраняемое ими повсюду одинаковое разстоянiе весьма важны въ Механикѣ.

Digitized by Google

Приложеніе параллельныхъ линій къ хожденію карасей (въ прядильной машинѣ) или колясочки, служащей къ пряденію бумаги.

Представимъ себѣ колясочку расположенную по линіи CD (фиг. 6.), которая можетъ приближаться или удаляться параллельно AB, посредствомъ колесъ катающихся по двумъ *параллельнымъ колеямъ* AC и MN. Нити бумаги выходятъ изъ AM, гдѣ онѣ помѣщены въ равныхъ разстояніяхъ, дабы навивались на шпульки, расположенныя по CN также въ равныхъ разстояніяхъ.

Когда колясочка CN приближается къ AM, то разстоянія точекъ линіи CN отъ AM будутъ вездѣ равно уменьшаться, слѣдовательно нити будутъ также вездѣ равно навиваться на шпули, безъ чего онѣ не могли бы равно и натягиваться; итакъ когда колясочка удаляется отъ AM, дабы приближаться къ CN, то нити вездѣ равно навиваются на шпули, не переставая быть равно натянутыми.

Такимъ образомъ, только приспособленіе *равенства параллельныхъ линій, заключающихся между параллельными же*, дало способъ устроить столь превосходную пря-

Digitized by Google

дильную машину, которая нетолько имѣетъ ту выгоду, что однимъ движеніемъ колясочки производитъ до 40, 50, 60 и болѣе нитей; но еще и ту, что дѣлаетъ ихъ съ чрезвычайною однообразностію, какой никогда нельзя было бы достигнуть, прядя ихъ отдѣльно и безъ геометрическихъ правилъ.

До сихъ поръ мы сравнивали параллельныя линіи только съ перпендикулярными, теперь сравнимъ ихъ съ *наклонными*. Положимъ что проведены (фиг. 7) двѣ линіи AB и CD, наклонныя въ отношеніи къ линіи EACF, и два угла EAB, ECD (называемые *соотвѣтствующими*) равны между собою; тогда линіи AB и CD будутъ параллельны *). Обратное сему

*) Въ самомъ дѣлѣ, если сіи линіи не параллельны, то, будучи довольно продолжены, должны онѣ встрѣтиться, или выше или ниже линіи EACF; посмотримъ возможно ли это.

Продолжимъ BA и DC до b и d, потомъ перевернемъ фигуру BACD, такимъ образомъ, чтобы точка A упала въ C, а C въ A. такъ какъ уголъ BAF, равный углу EAb, равенъ и DCF, который равенъ ECd, то сторона AB, будучи обращена, падетъ на линію Cd, а обращенная сторона CD ля-

Digitized by Google

тоже справедливо, то есть, что если двѣ линіи параллельны, то всякая наклонная линія пересѣкаетъ ихъ такимъ образомъ, что дѣлаетъ съ оными четыре равныхъ острыхъ угла, и четыре равныхъ тупыхъ угла *).

жетъ на сторону Ab. Посему если бы двѣ прямыя линіи bAB, dCD, встрѣтились въ первой точкѣ, съ одного боку AC, то онѣ должны встрѣтиться и во второй точкѣ съ другой стороны AC; но сіе невозможно, ибо тогда вышло бы, что двѣ прямыя линіи встрѣчаются въ двухъ точкахъ, отсюда выходитъ непремѣнное правило, что если двѣ прямыя линіи bAB и dCD съ наклонною линіею EACF дѣлаютъ равные острые углы a, a', a'', a''', или равные тупые углы o, o', o'', o''', то сіи линіи параллельны.

*) Дабы въ семъ убѣдиться, достаточно замѣтить, что прямая линія dCD, проведенная чрезъ точку щакимъ образомъ, что углы a'' и a''' равны угламъ a и a', параллельна линіи bAB. Чрезъ точку C можно провести одну токмо прямую параллельную линіи bAB, для которой углы a, a', a'', a''' равны между собою, и углы o, o', o'', o''' также равны между собою.

Digitized by Google

Въ искуствахъ, когда требуется провести прямую параллельную другой прямой, часто употребляютъ сіи два свойства параллельныхъ линій.

Для сего употребляютъ линейку и (фиг. 8) деревянный, стеклянный или металлической трехугольникъ, которой также называется *наугольникомъ*, потому что имѣетъ двѣ стороны онаго xy и yz, находящіяся подъ прямымъ угломъ.

Положимъ что требуется провести чрезъ данную точку A прямую линію CD (фиг. 8). Для сего кладутъ наугольникъ xyz, стороною xy, сколь возможно точнѣе по направленію CD, по томъ прикладываютъ линейку M къ сторонѣ наугольника xz, крѣпко прижимаютъ оную къ плоскости рукою, или посредствомъ какой либо тяжести, и другою рукою двигаютъ наугольникъ по сторонѣ линейки до тѣхъ поръ, пока сторона онаго xy не будетъ сколь возможно близка къ точкѣ A; наконецъ проводятъ отъ точки сей по сторонѣ наугольника прямую линію AB, которая и будетъ искомая: ибо соотвѣтствующіе острые углы, образованные

Digitized by Google

линейкою и сторонами AB и CD, равны между собою.

Стороною наугольника yz можно проводить также линіи перпендикулярныя къ линейкѣ, что гораздо удобнѣе, нежели провожденіе ихъ посредствомъ равныхъ и равно удаленныхъ наклонныхъ линій. Для сего наугольники должны быть сколь возможно вѣрнѣе, что впрочемъ бываетъ весьма рѣдко; ибо и въ тѣхъ городахъ, гдѣ процвѣтаютъ искуства, найдется можетъ быть малое число мастеровъ, которые могутъ дѣлать надлежащимъ образомъ наугольники и линейки, удовлетворяющія потребностямъ искусныхъ рисовальщиковъ.

Теперь разсмотримъ приложеніе показанныхъ нами свойствъ къ устроенію и движенію тѣлъ.

Пусть фигура ABCD (фиг. 10), коей форма неизмѣняется, двигается впередъ, такъ что всѣ ея точки Amnp. . ., находящіяся въ прямой линіи двигаются по сей же самой прямой Amnpa. . . .; я говорю, что всякая другая точка B, или C, или D фигуры ABCD пройдетъ прямую линію Bb, Cc, Dd, параллельно линіи Aa. Въ самомъ дѣлѣ, поелику форма фигуры ABCD во время движенія не

Digitized by Google

измѣняется, то каждая точка оной B, C, D, остается всегда въ одномъ и томъ же разстояніи отъ прямой линіи Aa, слѣдовательно каждая точка должна двигаться въ прямой параллельно линіи Amnpa.

Въ искуствахъ находится множество превосходныхъ примѣненій къ сему правилу Геометріи.

Приложеніе къ движенію выдвижныхъ ящиковъ. Выдвижные ящики столовъ, камодовъ и шкафовъ (фиг. 9), при выдвиганіи и вдвиганіи, ходятъ по рамамъ коихъ прямоугольныя смычки представляютъ параллельныя линіи Aa, Bb, Dd, Cc. Если вѣщь сдѣлана вѣрно, то есть если во всѣхъ частяхъ соблюдена параллельность, ящикъ будетъ двигаться въ рамахъ ровно и безостоновочно; ибо параллельныя, всегда находящіяся между параллельными же, равны и представляютъ здѣсь разстояніе различныхъ точекъ ящика въ различныхъ его положеніяхъ.

Приложеніе къ движенію поршня въ насосѣ. Подобнымъ же образомъ изъясняется, почему поршень вставленный въ насосъ, коего внутренность образуютъ параллельныя линіи, движется въ ономъ безъ всякаго препятствія,

Digitized by Google

если тотъ и другой сдѣланы вѣрно. Когда поршень поднимается и опускается, то каждая точка его обвода, описываетъ прямую линію, параллельную оси насоса и всѣ такимъ образомъ описанныя параллельныя линіи должны находиться на внутреннемъ обводѣ насоса. При устроеніи паровыхъ машинъ особенно должно наблюдать въ семъ величайшую точность, ибо малѣйшая погрѣшность въ параллельности, или малѣйшее уклоненіе отъ онаго можетъ произвести большую утрату въ силѣ и весьма вредныя послѣдствія.

Примѣненіе къ снованію и тканью матерій. При изготовленіи основы для ткання матерій, натягиваютъ параллельно число нитей и одинъ конецъ ихъ соединяютъ въ покромкѣ, а другой навиваютъ на валъ; по томъ натягиваютъ нити сіи такимъ образомъ, что развернутая часть представляетъ рядъ прямыхъ параллельныхъ линій въ одной плоскости находящихся. Дабы матерія, которую хотятъ сдѣлать, не была мѣстами очень рѣдка, а другими слишкомъ плотна, то употребляютъ инструментъ называемый *бердомъ* и состоящій изъ весьма тонкихъ прямыхъ пластинокъ, укрѣпленныхъ между собою

*

Digitized by Google

параллельно, посредствомъ приличнаго прибора. Въ каждый промежутокъ пластинокъ или зубьевъ берда пропускаютъ по ниткѣ основы, отъ чего и соблюдается одинаковое разстояніе нитей. Чрезъ такое двойное соединеніе параллельныхъ прямыхъ линій, изъ коихъ однѣ направляютъ другія, когда бердо сдѣлано, съ чрезвычайною точностію, можно ткать весьма широкія и длинныя ткани съ совершенною во всѣхъ частяхъ однообразностію.

Какъ ни тонко, ни красиво выдѣлываютъ Индейцы на фабрикахъ своихъ превосходные *кашемиры*, но поелику они не имѣютъ средствъ, помощію которыхъ можно соблюдать параллельность и равное разстояніе нитей, такихъ какъ Европейцы, то поля ихъ шалей въ равенствѣ ткани не могутъ сравняться съ тѣми, которыя выдѣлываются на Европейскихъ фабрикахъ, хотя непротекло еще и двадцати лѣтъ какъ начали ихъ выдѣлывать.

Учащемуся необходимо должно дать почувствовать, что все превосходство, получаемое въ усовершенствованныхъ искуствахъ, состоитъ только въ способахъ употребляе-

Digitized by Google

мыхъ для приближенія ихъ къ точности, подобно тому какъ мы изъяснили идеальныя параллельныя линіи посредствомъ весьма тонкихъ нитей.

Мы часто будемъ имѣть случай выводить подобныя слѣдствія и повсюду увидимъ, что успѣхи искуствъ требуютъ точности въ понятіяхъ и геометрической строгости въ работѣ. Итакъ художникъ, или ремесленникъ, чтобы достигнуть совершенства въ своихъ произведеніяхъ, необходимо долженъ хорошо понимать приложеніе Геометріи къ искуствамъ. Свойства параллельныхъ линій весьма часто употребляются въ практикѣ для произведенія фигуръ и тѣлъ, совершенно равныхъ другимъ даннымъ фигурамъ и тѣламъ.

Положимъ, напримѣръ, что требуется сдѣлать фигуру ABCD (фиг. 11), равную данной фигурѣ ABCD; для сего сначала проводятъ линіи Bb, Cc, Dd, равныя и параллельныя линіи Aa, а по томъ ab, bc, cd, da; тогда сіи послѣднія будутъ необходимо равны и параллельны линіямъ AB, BC, CD, DA и двѣ фигуры будутъ равны.

Примѣненіе къ гражданской Архитектурѣ и кораблестроительному искуству. Если

Digitized by Google

изъ куска дерева, камня или желѣза, должно выработать какую нибудь выпуклую фигуру, совершенно сходную съ данною впадиною или пустотою, то прибѣгаютъ къ свойству параллельныхъ линій. Положимъ на примѣръ, что во входящую часть ABCDEF (фиг. 12), должно вдѣлать кусокъ дерева XY; для сего, выстрогавши оный надлежащимъ образомъ, проводятъ параллельныя и равныя линіи Aa, Bb, Cc, Dd, Ee, Ff; по томъ очерчиваютъ обводъ abcdef и обрѣзываютъ кусокъ XY по сему обводу.

Способъ сей употребляютъ при дѣланіи изъ тонкихъ досокъ моделей или лекаловъ главныхъ линій корабля, для построенія онаго по данному плану. Отъ точности приложенія свойствъ параллельныхъ линій зависитъ вѣрность работы всѣхъ частей.

Что касается до употребленія сего способа при соединеніи впалыхъ и выдающихся частей (фиг. 13), которыя должны входить однѣ въ другія; то отъ точности его зависитъ прочность самаго корабля и сопротивленіе противополагаемое имъ, при движеніи, разкачиванію частей его отъ волне-

Digitized by Google

нія, которое, какъ мы послѣ увидимъ, есть одна изъ опаснѣйшихъ причинъ его разрушенія.

Приложеніе параллельныхъ линій къ начертательной Геометріи, или къ способу проэкцій. Мы упомянули выше о построеніи фигуръ равныхъ другимъ помощію паралельныхъ линій; средство сіе употребляютъ какъ всеобщій способъ представленія и начертанія тѣлъ, что составляетъ цѣль *начертательной Геометріи.*

Предметъ, который желаютъ изобразить, относятъ къ плоскости, которую называютъ *плоскостію проэкцій*; таковою плоскостію могутъ быть столъ, доска, натянутый листъ бумаги и проч., Изъ каждой точки предмета проводятся къ оной линіи *параллельно* извѣстному направленію, принятому по какимъ бы ни было соображеніямъ. Чрезъ сіе, каждая точка тѣла, оставляя свое первоначальное мѣсто и слѣдуя параллельно принятому направленію, переходитъ на плоскость проэкцій; таковое новое положеніе точки на плоскости проэкцій называется *проэкціею точки.*

Если проэктировать такимъ образомъ всѣ точки прямой или кривой линіи, то они образуютъ, на плоскости проэкцій, новую пря-

Digitized by Google

мую или кривую линіи, которыя будутъ *проэкціи первоначальной прямой* или *кривой линіи.*

Сей способъ рисованія употребляется при изображеніи предметовъ въ гражданской, военной и морской архитектурахъ, въ плотничномъ искуствѣ, при разрѣзкѣ камней, въ рисованіи машинъ и проч.

Чтобы имѣть точное понятіе о фигурѣ и величинѣ предметовъ, то одного изображенія оныхъ недостаточно, а должно имѣть еще и другое, почему и употребляютъ двѣ плоскости проэкцій; легче и удобнѣе предполагать одну изъ нихъ горизонтальною а другую къ ней перпендикулярною. На вертикальной плоскости проэктируется предметъ посредствомъ горизонтальныхъ параллельныхъ линій, а на горизонтальной плоскости обратно, помощію вертикальныхъ параллельныхъ линій.

Горизонтальная проэкція предмета есть собственно то что обыкновенно называютъ *планомъ онаго*, а вертикальная то что именуютъ *фасадомъ* его.

Учащійся долженъ быть убѣжденъ въ важности и необходимости знать сіе, упраж-

Digitized by Google

няться въ рисованіи проэкцій *планами* и *фасадами* всякихъ предметовъ и изображать ихъ во всѣхъ искуствахъ, гдѣ только требуется величайшая точность въ работѣ, будетъ ли это по модели, или по размѣреніямъ и правиламъ прежде для сего назначеннымъ.

Въ семъ курсѣ они найдутъ руководство для главныхъ случаевъ, могущихъ имъ встрѣтиться, но сіе поможетъ имъ мало; они должны взять хорошаго учителя, который бы ихъ наставилъ въ искуствѣ рисованія проэкцій.

Приложеніе способа проэкцій къ механикѣ. Параллельныя и перпендикулярныя линіи могутъ служить не только для представленія тѣлъ въ проэкціяхъ; предполагая ихъ въ данное время неподвижными; но онѣ также даютъ способъ изображать пути описываемые каждою точкою движущагося тѣла.

Сіе новое приложеніе Геометріи весьма важно для Механики; оно позволяетъ представлять линіями то, что не имѣетъ никакого изображенія въ пространствѣ; оно позволяетъ представлять прочно такіе слѣды тѣлъ, которые по свойству своему изчезаютъ тотчасъ послѣ ихъ появленія.

Digitized by Google

Положимъ напримѣръ, что я выстрѣливаю пулю въ данную цѣль; центръ ея описываетъ линію, которая ничѣмъ не изображается въ пространствѣ, ни прежде ни послѣ выстрѣла; однако оную можно представить въ планѣ таковою какова она есть, или какова она будетъ. Сего рода изображеніе путей во многихъ случаяхъ будетъ для насъ полезно, на примѣръ для опредѣленія дѣйствія выстрѣловъ батареи на укрѣпленіе.

Линія движенія центра ядра, направленная на гребень укрѣпленія, можетъ пасть или въ пространство, занятое защищающимися, или пройти мимо онаго на такой высотѣ, что не будетъ вредить имъ, и смотря по сему батарея будетъ выгодна или не выгодна для осаждающихъ, опасна или неопасна для осажденныхъ помѣщенныхъ за брустверомъ. (Смотри четырнадцатую главу).

По сему линія, которую долженъ описывать центръ ядра изображаютъ вмѣстѣ съ профилями батареи и укрѣпленій на плоскостяхъ проэкцій; посредствомъ сего узнаютъ, чего можно надѣяться или опасаться отъ дѣйствій батареи.

Digitized by Google

Подобнымъ образомъ изображаютъ линіями рядъ точекъ, которыя пробѣгаетъ центръ луны движущейся около земли и другихъ планетъ и кометъ около солнца, и проч. Познаніе линій движенія небесныхъ тѣлъ нашей планетной системы принадлежитъ къ важнѣйшимъ открытіямъ генія человѣческаго. Для достиженія онаго потребны были многія тысячи лѣтъ.

Машины, устроиваемыя для потребностей общежитія и для ремесленныхъ работъ, дѣлаются обыкновенно съ тою цѣлію, чтобы нѣкоторыя части ихъ производили опредѣленное движеніе. Недовольно изобразить части какой либо машины въ извѣстномъ положеніи; надобно умѣть представлять движенія, или дѣйствія сихъ частей. До сего можно достигнуть чрезъ употребленіе способа проэкцій изъ перпендикулярныхъ и параллельныхъ линій. Посредствомъ таковаго изображенія мы въ состояніи показывать съ точностію дѣйствія зависящія отъ самаго вида различныхъ частей машинъ, когда онѣ находятся въ движеніи.

Изъ сего видно сколь важно легкое и простое приложеніе теоріи параллельныхъ и пе-

Digitized by Google

рпендикулярныхъ линій какъ при изображеніи и отработкѣ предметовъ всякаго рода, мебелей, зданій и машинъ, такъ и для представленія состоянія тѣлъ въ покоѣ находящихся и раалличныхъ обстоятельствъ ихъ движенія. Итакъ, должно сколь возможно болѣе упражняться въ изображеніи тѣлъ, по способу доставляемому сею теоріею промышленности.

Одно изъ полезнѣйшихъ приложеній параллельныхъ прямыхъ линій состоитъ также въ приведеніи къ измѣренію фигуры кривыхъ линій прямыми параллельными линіями.

Пусть дана какая нибудь кривая линія MABDCN (фиг. 14); ее относятъ для сего къ главной прямой линіи или *оси* mn, посредствомъ другихъ параллельныхъ прямыхъ линій Aa, Bb, Cc, Dd, и проч.; сіи послѣднія обыкновенно проводятся въ равныхъ одна отъ другой разстояніяхъ.

Прилѣненіе къ черченію кривыхъ линій. Выгода сего геометрическаго черченія состоитъ въ томъ, что позволяетъ, если можно такъ сказать, *описывать*, *изчислять* фигуру кривыхъ линій, даже самыхъ неправильныхъ; разительный оному примѣръ представляется намъ при построеніи кораблей.

Digitized by Google

Примѣръ представляющійся при кораблестроеніи. Быстрота хода корабля, при всѣхъ равныхъ обстоятельствахъ, зависитъ отъ формы подводной части онаго; часть сія должна быть вездѣ непрерывно и точно сдѣлана, по опредѣленнымъ корабельнымъ мастеромъ размѣреніямъ; почему и употребляютъ точнѣйшіе геометрическіе способы какъ для изображенія такъ и для построенія корабельнаго киля, прибѣгая къ способу параллельныхъ и перпендикулярныхъ линій.

У всѣхъ Кораблей *правый* бокъ совершенно подобенъ *лѣвому*. Для изображенія ихъ берутъ горизонтальную линію MN, (фиг. 15), простирающуюся отъ носа корабля до кормы онаго; на сей прямой линіи раздѣленной на равныя части MA, AB, BC. . . ., возставляютъ перпендикуляры и на нихъ отмѣчаютъ точки, означающія ширины *ватерлиній*.

Если предположимъ, что корабль не склоняясь ни къ которой сторонѣ, постепенно погружается въ море, и при каждомъ таковомъ погруженіи очертимъ на внѣшней поверхности онаго обводы воды, то получимъ такъ называемыя *ватерлиніи*.

Digitized by Google

Непрерывность сихъ линій прежде всего опредѣляетъ выгодное расположеніе формъ корабля. Кривизна сихъ линій опредѣляется на перпендикулярахъ по правую и лѣвую сторону оси; когда широты извѣстны для каждой ватерлиніи, то можно сдѣлать чертежъ подводной части корабля и слѣдовательно самаго его.

Примѣръ въ черченіи дорогъ и каналовъ. Если возмемъ за ось какую нибудь линію MN (фиг. 16), которая означаетъ на примѣръ поверхность воды канала, или другую какую линію ей параллельную, и на сей линіи возставимъ до дна канала перпендикуляры Aa, Bb, Cc . . . . ., то получимъ фигуру кривизны сего дна, проходящей чрезъ точки a, b, c, d. Для опредѣленія высотъ Mm, Aa, Bb, Cc, употребляютъ инструментъ называемый *уровнемъ*, который мы опишемъ при разсматриваніи гидравлическихъ машинъ.

По томъ дѣлается такъ называемый *поперечный профиль*; для сего проведя чрезъ каждую точку A, B, C, D . . . . горизонтальныя линіи перпендикулярныя къ линіи MN, и принявъ каждую изъ сихъ линій за новую ось, возставляютъ перпендикуляры отъ сей новой оси до

Digitized by Google

земли, измѣряютъ длину ихъ и получаютъ фигуру соотвѣтствующей кривизны земли.

Дѣйствія сіи необходимы для точнаго познанія количества земли, которую должно снять съ возвышенныхъ мѣстъ, дабы насыпать въ низменныя мѣста, также и для преобразованія первоначальной фигуры земли въ такую, какая нужна для дороги или для проводимаго канала.

Когда желаютъ съ точностію опредѣлить фигуру дна озера, рѣки, пристани, и проч., то поверхность оныхъ раздѣляютъ двумя рядами параллельныхъ горизонтальныхъ равноотстоящихъ линій, изъ которыхъ однѣ перпендикулярны другимъ; по томъ изъ каждой точки пересѣченія сихъ параллельныхъ линій возставляютъ перпендикуляры до земли. Если чрезъ оконечности перпендикуляровъ принадлежащихъ одной горизонтальной линіи проведемъ черту, то получимъ кривизну дна по сей линіи, или профиль озера, рѣки и проч. Наконецъ, такимъ же образомъ можемъ получить всѣ поперечные или продольные профили, необходимые для узнанія фигуры всего дна.

Часто, при представленіи вида земли покрытой или непокрытой водою, предпочита-

Digitized by Google

ютъ сему способу другой, состоящій въ изображеніи земли посредствомъ кривыхъ линій, коихъ вертикальныя высоты равны между собою; такимъ образомъ получаютъ рядъ *горизонтальныхъ кривыхъ линій.* Обыкновенно предполагаютъ, что кривыя линіи послѣдующія другъ за другомъ находятся въ одинаковомъ другъ отъ друга разстояніи, измѣряя сіе разстояніе вертикально; слѣдовательно въ вертикальной проэкціи, то есть въ разрѣзѣ, сіи горизонтальныя сѣченія изобразятся прямыми параллельными и въ равномъ одна отъ другой разстояніи линіями. Способъ сей весьма выгоденъ, ибо имъ представляется на одной плоскости, каковъ листъ бумаги, полная фигура земли во всѣхъ частяхъ оной.

Таковое опредѣленіе фигуры земли полѣзно не только для *Гидрографіи,* то есть для описанія мѣстъ земли покрытыхъ водою, или омываемыхъ оною; но и для Топографіи, т. е. для вѣрнѣйшаго и точнѣйшаго изображенія мѣстностей со всѣми подробностями оныхъ. Способъ сей также необходимъ Инженерамъ военному и Путей-Сообщенія, при проектированіи публичныхъ и фортификаціонныхъ зданій.

Digitized by Google

При построеніи водопровода или моста, столбы сего моста или водопровода должны возвышаться до горизонтальной линіи MN (фиг. 17); чтобы опредѣлить высоту ихъ, раздѣляютъ сію линію на части равныя MA, AB, BC, CD..... потомъ изъ каждой точки дѣленія возставляютъ до земли перпендикуляры Aa, Bb, Cc, Dd...., которые и означаютъ высоты столбовъ.

Мы не будемъ болѣе останавливаться на изчисленіи приложеній, которые можно сдѣлать изъ сего представленія видовъ пространства, посредствомъ параллельныхъ линій; важность способа сего очевидна, равно какъ легкость, простота и скорость; учащійся долженъ съ нимъ болѣе ознакомиться частымъ упражненіемъ въ точномъ рисованіи разныхъ предметовъ, относя ихъ къ осямъ и къ параллельнымъ линіямъ. *Искуство такого рода рисованія должно разпространиться постепенно на всѣ ремесла.*

Digitized by Google

Digitized by Google

ГЛАВА ТРЕТІЯ.

О кругѣ.

Кругъ есть плоскость, которой края называемыя *окружностію*, равно отстоятъ отъ точки внутри оной находящейся и именуемой *центромъ*.

Всѣ прямыя линіи, проведенныя отъ центра до окружности, измѣряютъ равныя разстоянія, слѣдовательно равны между собою; линіи сіи называются *радіусами*, итакъ радіусы въ кругѣ равны между собою.

Когда два радіуса круга прямо противоположны, одинъ съ правой а другой съ лѣвой стороны, такъ что составятъ одну прямую линію, то оную называютъ *діаметромъ* круга.

Такимъ образомъ въ кругѣ ABDE (фиг. 1), C есть центръ онаго, а CA, CB, CD, CE, суть радіусы, кои всѣ равны между собою. Если два радіуса CA и CD образуютъ одну прямую линію ACD, то линія сія будетъ діаметръ круга.

Всякой діаметръ DA (фиг. 1), раздѣляетъ кругъ на двѣ равныя части.

Digitized by Google

Дабы въ семъ удостовѣриться, перегнемъ часть круга DAB около діаметра DA, какъ будто на шарньерѣ, на другую часть онаго DAE. Если какая нибудь точка обвода DAB, упадетъ при семъ внутри обвода DAE, тогда она будетъ находиться ближе къ центру, а если внѣ онаго, то далѣе отъ центра, чего быть не должно; поелику всѣ точки окружности ABDEA равно отстоятъ отъ центра: слѣдовательно обводъ DAB долженъ совмѣститься съ обводомъ DAE, а по сему двѣ части круга раздѣленныя діаметромъ DA, дѣйствительно равны между собою.

Всякую прямую линію mn (фиг. 2), коей концы находятся на окружности круга называютъ *хордою*, а всякая часть окружности круга, какъ напримѣръ mqn называется *дугою*. Линія pq, или часть радіуса Cpq перпендикулярная къ хордѣ и заключающаяся между сею хордою и дугою называется *стрѣлкою*.

Названія сіи взяты отъ употребленія, какое дѣлали древніе изъ дерева, стянутаго веревкою или тетивою, такъ что оно близко подходило видомъ на часть окружности (фиг. 3); сіе дерево называли дугою, или лукомъ, когда хотѣли стрѣлять изъ него стрѣлами,

Digitized by Google

которыя клали по срединѣ тетивы перпендикулярно къ оной. Здѣсь, какъ видно, примѣненіе предупредило науку и снабдило ее наименованіями.

Радіусъ Cpq (*фиг.* 2), *опущенный перпендикулярно къ хордѣ* mn, *дѣлитъ и хорду сію и дугу* mqn *на двѣ равныя части.*

Въ самомъ дѣлѣ, если проведемъ радіусы Cm и Cn, поелику они будутъ равно наклонены въ отношеніи къ перпендикуляру Cp, то mp = np. Хорды mq и nq имѣютъ также равныя наклоненія; слѣдовательно если Cqn перегнуть на Cqm, то n упадетъ въ точку m и дуга nsq совмѣстится съ дугою mrq, поелику никакая точка первой дуги не можетъ пасть ни внутрь ни внѣ второй дуги, ибо тогда сіи точки были бы ближе или далѣе отъ центра C; по сему и дуги mrq и nsq также равны между собою.

Приложеніе къ линейному рисованію. Свойство теперь доказанное, имѣетъ весьма полезныя приложенія въ рисованіи и почти во всѣхъ искуствахъ, гдѣ только нужно брать и совокуплять точныя мѣры.

Оно служитъ во первыхъ для раздѣленія дуги круга mqn (фиг. 4) на двѣ равныя части.

Digitized by Google

Для сего берутъ циркуль, и раздвинувъ его не много болѣе половины mn, ставятъ одну ножку его въ точку m, а другою ножкою описываютъ дугу круга rst; по томъ переставляютъ ножку циркуля въ точку n и тѣмъ же раствореніемъ его описываютъ другую дугу vsu; въ семъ случаѣ точка s, гдѣ пересѣкаются обѣ дуги, очевидно будетъ равно удалена отъ точекъ m и n; слѣдовательно она будетъ находиться на перпендикулярѣ къ хордѣ mn, проходящемъ чрезъ средину оной и центръ круга дуги; линія сія раздѣлитъ и хорду mn, и дугу mqn на двѣ равныя части.

Если же положеніе центра неизвѣстно, то для сего изъ точекъ m и n, одинакимъ раствореніемъ циркуля описываютъ и со стороны центра двѣ дуги abc и dbe, въ пересѣченіи которыхъ получается точка b, принадлежащая, также какъ и точка s, перпендикуляру раздѣляющему хорду mn и дугу mqn на двѣ равныя части.

Посредствомъ такого построенія, зная только три точки m, n и o (фиг. 5), принадлежащія окружности, можно уже опредѣлить положеніе центра круга и найти вели-

Digitized by Google

чину радіуса, а слѣдовательно провести и самую окружность.

Для сего, по способу теперь показанному, проведемъ чрезъ средину линіи mn перпендикуляръ qa, а чрезъ средину линіи no, другой перпендикуляръ rb. Изъ точки C, гдѣ встрѣтятся перпендикуляры Cq и Cr, проведемъ наклонныя ли Cm, Cn и Co сіи линіи, по предыдущему, всѣ будутъ равны между собою; слѣдовательно Cm, Cn и Co будутъ три радіуса искомаго круга, а точка C его центръ.

Дуги (фиг. 6.) AD и BE, DF и EG . . . . ., заключающіяся между параллельными хордами AB, DE, FG . . . ., всегда *равны* между собою.

Для доказательства сего, проведемъ изъ центра C радіусъ Clmnp, перпендикулярно ко всѣмъ хордамъ; сей радіусъ раздѣлитъ каждую хорду на двѣ равныя части, и по сему будетъ также дуга pA равна дугѣ pB, дуга pD равна дугѣ pE и pF равна pG. Изъ сего ясно, что и дуга AD будетъ равна дугѣ BE а DF равна EG.

Прямая линія XpY (фиг. 6), проведенная чрезъ оконечность p радіуса круга Cp перпендикулярно къ оному, называется касатель-

Digitized by Google

ною, ибо она касается къ кругу въ одной только точкѣ p и вся лежитъ внѣ онаго, такъ что между сею прямою и кругомъ уже никакой другой прямой линіи провести невозможно.

Въ самомъ дѣлѣ, поелику радіусъ Cp перпендикуляренъ къ сей касательной, то точка p, принадлежащая къ оной, будетъ ближайшая къ центру C, нежели всякая другая изъ точекъ X и Y, ибо разстоянія оныхъ до центра измѣряются наклонными линіями, которыя больше перпендикуляра Cp; слѣдовательно всякая точка сей прямой XpY, кромѣ точки касанія p, будетъ внѣ круга.

Искуства употребляютъ большую часть свойствъ, которыя имѣетъ кругъ въ отношеніи къ своимъ *касательнымъ*.

Во первыхъ, кругъ можно вращать около центра C, предполагая сей центръ прикрѣпленнымъ. Такъ какъ и касательная XY можетъ быть также при семъ движеніи прикрѣпленною, то очевидно: 1) что никогда кругъ не перейдетъ за сію касательную; и 2) что онъ всегда будетъ касаться XY въ одной только точкѣ p, которая удалена отъ центра на разстояніе радіуса

Digitized by Google

Ср; слѣдовательно, если утвердимъ центръ круга на оси, то его можно будетъ катать по неподвижной прямой линіи, и никогда не въ состояніи будетъ ни удалиться отъ оной не ни отодвинуть ее.

Примѣненіе къ точенію вращающихся тѣлъ посредствомъ неподвижно укрѣпленныхъ орудій. Токарь изъ сего свойства извлекаетъ пользу для сообщенія прямымъ плоскостямъ круговаго обвода: онъ заставляетъ вращаться плоскость около неподвижной точки С, взятой за центръ круга, а острое орудіе направляетъ по касательной XY; лезвее онаго, дѣйствуя у точки р, обрѣзываетъ тогда всѣ части, которыя отстоятъ отъ центра далѣе разстоянія Ср; слѣдовательно всѣ точки обвода плоскости такимъ образомъ вырѣзанной будутъ имѣть отъ центра С одно и тоже разстояніе и плоскость сія будетъ правильный кругъ.

Примѣненіе къ устроенію точилъ для точенія инструментовъ или полированія плоскостей. Тоже самое свойство употребляютъ при устроеніи точилъ для точенія инструментовъ и для полированія прямыхъ плоскостей. Для сего крѣпко держатъ ру-

Digitized by Google

кою, или помощію приличнаго прибора, предметъ, который желаютъ точить или полировать, прижимая его къ круглому камню. Когда центръ сего камня неподвиженъ и окружность онаго вѣрна, то при каждомъ поворотѣ онъ будетъ касаться предмета, который желаютъ выточить или вышлифовать. Всякая другая фигура, кромѣ круга не будетъ имѣть сего свойства; ибо иныя точки ея станутъ удаляться отъ предмета, который находится постоянно на одномъ мѣстѣ, а другія будутъ задѣвать его, а не касаться.

До сихъ поръ мы предполагали кругъ движущимся, а касательную XY прикрѣпленною; но можетъ также быть, что кругъ остается неподвижнымъ, а касательная XY около его движется, оставаясь всегда отъ центра C въ одномъ и томъ же разстояніи, равномъ радіусу круга.

Примѣненіе къ точенію неподвижныхъ тѣлъ. Средство употребляемое для обрѣзыванія неподвижныхъ тѣлъ, состоитъ въ томъ, что обращается около центра орудіе, прямая сторона котораго изображается касательною XY, а острее находится въ точкѣ p.

Digitized by Google

Можно еще и другими образами соединять движеніе круга съ положеніемъ его касательныхъ.

Приложеніе къ движенію колесъ въ повозкахъ. Если касательная XY остается неподвижною, а кругъ движется по оной, такъ что каждая часть окружности его постепенно переходитъ на слѣдующую новую часть касательной, не скользя ни впередъ ни назадъ; то говорятъ, что кругъ *катится*. Движеніе сіе весьма важно для искусствъ.

Въ продолженіи всего движенія сего, прямая XY будетъ касательною круга, поелику всегда будетъ касаться онаго въ одной только точкѣ; по сему центръ C будетъ отъ нее вездѣ въ одномъ и томъ же разстояніи, а именно на радіусъ Cp; изъ сего слѣдуетъ, что поелику движеніе совершается по одной линіи XY, то и центръ круга долженъ описывать линію параллельную линіи XY; если сія линія прямая и горизонтальная, то и описуемая центромъ линія будетъ также пряма и горизонтальна.

Если по прямой горизонтальной линіи катить плоскость какой нибудь другой кривизны, то центръ такъ какъ и всякая точ-

Digitized by Google

ка сей не круглой плоскости то возвышаясь, то понижаясь не опишетъ уже прямую линію, и ежели бы колеса повозки имѣли такую кривизну, то ходъ оной не могъ бы быть ни правиленъ, ни тихъ: по сей то причинѣ колеса какъ экипажей такъ и повозокъ для перевоза грузовъ дѣлаются обыкновенно круглыми.

Приложеніе къ параллельнымъ движеніямъ. Свойство круга, которое мы теперь разсматриваемъ, даетъ также весьма простой и легкой способъ двигать всякую точку параллельно данной прямой линіи; для сего должно сдѣлать только, чтобъ точка сія находилась въ центрѣ круга, касательнаго къ данной линіи, который потомъ и надобно катить по оной.

Проведемъ xy (фиг. 6.) параллельно линіи XY, въ разстояніи двухъ радіусовъ Cp или діаметра pCq; сія линія пройдетъ чрезъ оконечность q діаметра pq и такая же будетъ касательная къ кругу какъ и XY. Если теперь катить кругъ по линіи XpY, то онъ будетъ вездѣ касаться линіи xqy, поелику разстояніе двухъ параллельныхъ линій остается вездѣ одно и тоже.

Digitized by Google

Приложенiе къ строенiю машинъ. Если нужно двигать линейку, прямоугольную раму, или какое другое прямолинейное тѣло параллельно данной прямой линiи, то употребляютъ равныхъ дiаметровъ катки, или колеса, совершенно круглаго вида; тѣла сiи кладутъ между данною прямою линiею и линейкою или рамою и проч., а потомъ, смотря по надобности, двигаютъ сiю линейку или раму въ касательномъ къ каткамъ положенiи; отъ сего движенiе ихъ очевидно должно быть параллельно данной линiи.

Изъ сего уже видно сколь многообразны средства, которыя Геометрiя доставляетъ искусствамъ для описыванiя круговъ прямыми линiями и прямыхъ линiй кругами, также для произведенiя прямолинейныхъ движенiй помощiю кругообразныхъ и кругообразныхъ движенiй помощiю прямолинейныхъ. Преподающiй долженъ тщательно изъяснить учащимся сiи различныя примѣненiя.

Разсмотрѣвши отношенiе круговъ къ прямымъ линiямъ, перейдемъ теперь къ сравненiю круговъ между собою.

Положимъ, что два круга A и B (фиг. 7.) помѣщены такимъ образомъ, что разстоянiе

Digitized by Google

ихъ центровъ АВ равно суммѣ ихъ радіусовъ АО и ВО; очевидно, что точка О будетъ общею точкою обѣихъ окружностей и подобной ей никакой другой точки Р быть не можетъ; ибо если положимъ, что и точка Р также находится на окружностяхъ обоихъ круговъ, то проведя линіи АР и ВР, можемъ увѣриться, что сумма линій АО и ВО будетъ короче суммы линій АР и ВР; слѣдовательно линіи АР и ВР не могутъ быть равны радіусамъ АО и ВО. Итакъ два круга одинъ другаго *касаются* въ одной только точкѣ.

Приложеніе къ передачѣ круговаго движенія съ одной оси на другую. Можно обращать первый кругъ (фиг. 7) такъ, что онъ будетъ постоянно касаться другаго, предполагаемаго неподвижнымъ или подвижнымъ и вертящимся также какъ и первой или въ противную сторону; тогда во всё продолженіе движенія ихъ они будутъ во всѣхъ точкахъ окружностей ихъ касаться, никогда одинъ отъ другаго не удалятся и одинъ въ другаго не войдутъ.

Въ искуствахъ часто употребляютъ сіе геометрическое свойство для переданія дви-

Digitized by Google

женія одного колеса другому, или простымъ только треніемъ, или посредствомъ зацѣпленія зубьевъ одного колеса за зубья другаго, равной толщины и въ равныхъ разстояніяхъ помѣщенные. При семъ должно замѣтить что если одно колесо вертится отъ лѣва на право, то другое отъ права на лѣво, то есть движеніе ихъ бываетъ въ противоположномъ направленіи. На чертежѣ (фиг. 7.) сіи различныя движенія означены стрѣлками.

Если имѣемъ три касающихся круга A, B и C (фиг. 7.), изъ которыхъ первый передаетъ движеніе второму, а второй третьему; то второй вертится въ сторону противную первому, а третій въ противную сторону второму, слѣдовательно первый и третій будутъ вертѣться въ одну и туже сторону. Итакъ, *чтобы изъ трехъ круговъ, два обращались въ одну сторону, то движеніе должно передать черезъ одинъ центръ.*

О ремняхъ, употребляемыхъ при движеніи колесъ. Если нужно передать круговое движеніе на разстояніе довольно значительное, то вмѣсто того чтобъ употреблять или слишкомъ большое колесо, или увеличи-

Digitized by Google

вать число колесъ, берутъ только два и обводятъ ихъ узкимъ ремнемъ. Движеніе сіе можно сдѣлать: 1) не пересѣкая ремни какъ въ фиг. 8, и 2) пересѣкая ихъ крестообразно какъ въ фиг. 9. Ремни сіи такъ натягиваются, что части mn и pq, которыя не прикасаются къ колесу изображаютъ прямыя линіи. Должно замѣтить, что которому бы изъ двухъ колесъ не сообщили движеніе, то ни направленіе ни длина круглыхъ частей ремня pAm и qBn равно какъ и прямыхъ mn и pq никогда не измѣнится. Итакъ, если ремень плотно натянуть на ободахъ колесъ и сообщить движеніе одному изъ оныхъ, то онъ, слѣдуя тому же самому движенію, заставитъ вертѣться и другое колесо; движеніе симъ образомъ будетъ передаваться весьма легко и всегда одинаково, смотря потому какъ будемъ вертѣть первое колесо.

Если отъ употребленія, или отъ дѣйствія теплоты и сырости воздуха, ремень нѣсколько вытянется, то нужно употребить третіе колесо D (фиг. 10.), которое выгибая прямую часть pq, приведетъ ее въ положеніе pr и rq, отъ чего она снова натянется. При семъ однакожъ должно наблюдать чтобы

Digitized by Google

разность между длиною прямой pq и выгнутою частію prq, была равна длинѣ, на которую вытянулся ремень. Средство сіе весьма часто употребляютъ при построеніи машинъ.

Единственная разность, которую однакожъ должно хорошо замѣтить между двумя родами ремней крестообразно и некрестообразно переходящими съ одного колеса на другое, состоитъ въ томъ, что въ первомъ случаѣ (фиг. 9.) круги вертятся въ противныя стороны, а во второмъ (фиг. 8 и 10) они обращаются по одному направленію.

Въ послѣдствіи времени мы увидимъ множество другихъ приложеній движенія прямыхъ линій и круговъ, сопрягаемыхъ для удовлетворенія требованіямъ искусствъ.

О движеніи одного круга въ другомъ. Если въ какой нибудь плоскости вырѣзать кругъ, то окружность вырѣзанной части будетъ выпукла, а окружность оставшейся въ плоскости вогнута, слѣдовательно если вырѣзанный кругъ будетъ обращаться около своего центра, то всѣ точки его окружности, оставаясь всегда въ одномъ и томъ же разстояніи отъ центра, будутъ касаться

Digitized by Google

вогнутой окружности въ плоскости находящейся.

Одинъ только кругъ можетъ удовлетворять сему условію, ибо какая бы другая фигура ни обращалась около постоянной точки, всегда нѣкоторыя части окружности сей фигуры будутъ находиться ближе, а другія дальше отъ оной, и сіи нѣкоторыя части окружности будутъ выходить за вогнутую окружность плоскости, а другія недойдутъ до оной и оставятъ пустое пространство.

Изъ сего слѣдуетъ, что если необходимо нужно занять все пространство плоскости тогда какъ нѣкоторая часть оной должна обращаться около самой себя, то должно сей части давать фигуру круга. По сей то причинѣ даютъ круглой видъ пробкамъ бутылокъ, крановъ и проч.

Приложеніе къ паровымъ коробкамъ. При устроеніи паровыхъ машинъ, дѣлаютъ весьма важное употребленіе изъ того свойства круга, что онъ при движеніи своемъ касается во всѣхъ точкахъ облегающей его окружности. Мы изъяснимъ сіе употребленіе при описаніи круглыхъ паровыхъ коробокъ.

Digitized by Google

Раздѣленіе круга и приложеніе онаго къ измѣренію угловъ. Прежде нежели приступимъ къ изъясненію сего раздѣленія, покажемъ слѣдующее важное правило.

Если двѣ дуги AMB и DNE (фиг. 11), одного и того же круга, равны между собою, то и хорды AB и DE имъ соотвѣтствующія также будутъ равны между собою *).

Обратно, если хорды AB и DE (фиг. 11), равны между собою, то когда положимъ вторую хорду на первую, двѣ дуги AMB и DNE совмѣстятся по всему ихъ протяженію, слѣдовательно также будутъ равны между собою. Итакъ если по окружности круга (фиг. 12) отложимъ нѣсколько равныхъ хордъ AB, BC, CD, DE...., то и дуги имъ соотвѣтствующія будутъ также равны между собою и чрезъ сіе окружность круга раздѣлится на столько равныхъ частей сколько проводили равныхъ хордъ.

*) Чтобъ доказать сіе, положимъ дугу DNE на AMB, такъ чтобы точка D лѣжала на точкѣ A, то двѣ дуги, имѣющія одинъ центръ совершенно совмѣстятся, слѣдовательно точка E будетъ въ точкѣ B, а посему и прямая линія или хорда DE совмѣстится также съ хордою AB.

Digitized by Google

Простѣйшія средства дѣленія круга.

1) На *двѣ* равныя части: для сего должно провести діаметръ AB (фиг. 13).

2) На *три* равныя части: для сего надобно раздѣлить кругъ на шесть частей (фиг. 15) и соединить точки дѣленія черезъ одну.

3) На *четыре* равныя части: чтобы удовлетворить сему требованію, достаточно только провести другой діаметръ DE (фиг. 13), перпендикулярно къ первому AB *).

4) На *пять* равныхъ частей: (фиг. 14) для сего сперва должно раздѣлить кругъ на десять равныхъ частей, а по томъ соединить точки дѣленія черезъ одну **).

---

*) Сіе можно сдѣлать слѣдующимъ образомъ: разствореніемъ циркуля не много болѣе радіуса круга изъ точки A какъ центра опиши двѣ дуги mFn и pGq, по томъ изъ точки B какъ центра и тѣмъ же разствореніемъ циркуля опиши двѣ другія дуги rFs и tGu; тогда прямая линія FDCEG будетъ искомая перпендикулярная.

**) Чтобъ раздѣлить кругъ на десять равныхъ частей, то сперва раздѣляютъ радіусъ онаго на двѣ такія части AM и MC, чтобы большая часть MC столько разъ содержала меньшую AM, сколько разъ радіусъ круга будетъ

Digitized by Google

5) На *шесть* равныхъ частей (фиг. 15): въ такомъ случаѣ стоитъ только взять за хорду радіусъ того самаго круга и положить шесть разъ по окружности.

На свойствѣ, что перпендикуляръ поставленный на срединѣ хорды дѣлитъ соотвѣтствующую ей дугу на двѣ равныя части, основано свойство раздѣлять окружность круга на *восемь* равныхъ частей (фиг. 13), если будемъ проводить перпендикуляры къ хордамъ стягивающимъ четверти окружности; и на *двѣнадцать*, если тоже самое сдѣлаемъ по дѣленіи окружности на шесть частей (фиг. 15), и проч.

Пятнадцатая часть окружности равна шестой части оной безъ десятой части.

Съ сими весьма простыми дѣйствіями, которыя безпрестанно встрѣчаются при черченіи машинъ и произведеній промышленности, ремесленники необходимо должны ознакомиться.

содержать большую часть МС; если послѣ сего большую часть МС будемъ откладывать хордою по окружности круга, то она помѣстится въ оной ровно десять разъ. Доказательство сего способа равно какъ и дѣленія круга на шесть частей, основывается на свойствахъ трехугольниковъ.

Digitized by Google

Показавши строгіе способы Геометріи, предложимъ для того же другой, приблизительный, но часто употребляемый въ искуствахъ.

Ежели положимъ, что радіусъ круга раздѣленъ на 10000 частей, то, пренебрегая дроби единицы, длины хордъ соотвѣтствующихъ частямъ окружности будутъ:

Для полуокружн.	20000.	Для седьмой . . .	8672.
—— третьей части	17232.	—— восьмой. . .	7654.
—— четвертой .	14145.	—— девятой . .	6840.
—— пятой . . .	11746.	—— десятой . .	6180.
—— шестой . . .	10000.	—— одиннадцат.	5524.
		—— двѣнадцатой	5176.

По сей табличкѣ весьма легко найти нужное раствореніе циркуля, чтобы раздѣлить кругъ на требуемое число равныхъ частей, отъ половины и до двѣнадцатой части.

Наконецъ, зная какимъ образомъ раздѣлить дугу на двѣ равныя части, мы можемъ найти разствореніе циркуля соотвѣтствующее:

14, 16, 18, 20, 22, 24, 28, и проч.

или 2 раза 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, и проч.

Итакъ мы имѣемъ легкій способъ раздѣлять дугу на *двѣ* равныя части, но всѣ старанія раздѣлить оную точнымъ геометрическимъ способомъ на *три* равныя части до сихъ поръ остались тщетными.

Digitized by Google

Приложеніе къ измѣренію угловъ посредствомъ дугъ круга. Поелику углы способны увеличиваться и уменьшатся, то одинъ какой нибудь изъ оныхъ можно принять за единицу мѣры и выражать всѣ прочіе цифрами, которыя будутъ означать сколько разъ содержатъ они въ себѣ цѣлой сей уголъ, или его поддраздѣленія. (Смотри первую главу).

Вмѣсто того, чтобы уголъ ACB (фиг. 16) брать за единицу мѣры, нашли гораздо лучше и удобнѣе принимать за оную дугу AB, заключающуюся между его сторонами, коей центръ находится въ вершинѣ угла C.

Очевидно, что если проведемъ нѣсколько радіусовъ CA, CB, CD, CE.... въ такихъ одинъ отъ другаго разстояніяхъ, чтобы углы ACB, BCD, DCE...., были равны между собою, и положимъ сіи углы одни на другіе, то они по равенству своему должны совмѣститься, а отъ сего и дуги AB, BD, DE...., также совмѣщаясь, будутъ равны между собою.

Если какой нибудь уголъ, принятый за единицу мѣры, будетъ содержаться въ другомъ данномъ углѣ два, три или четыре раза, то и дуга ему соотвѣтствующая столько

Digitized by Google

же разъ будетъ содержаться въ дугѣ соотвѣтствующей второму углу. Слѣдовательно тоже самое число, которое показываетъ сколько разъ уголъ принятый за единицу содержится въ другомъ данномъ, будетъ также принадлежать числу, показывающему сколько разъ дуга соотвѣтствующая сему второму углу будетъ содержать въ себѣ дугу соотвѣтствующую углу принятому за единицу.

Изъ сего явствуетъ, что безъ всякой погрѣшности можно брать по произволенію мѣру угловъ или соотвѣтствующихъ имъ дугъ; но, какъ я сказалъ уже, гораздо удобнѣе употреблять дуги, и вотъ какимъ образомъ сіе дѣлаютъ.

Раздѣляютъ кругъ на четыре равныя части, которыя по сему даютъ четыре четверти окружности круга, служащія мѣрою четыремъ прямымъ угламъ, занимающимъ все пространство около центра C. По томъ каждую четверть окружности раздѣляютъ на *девяносто* равныхъ частей, называя каждую изъ нихъ *градусомъ*.

Итакъ окружность круга содержитъ четыре раза 90 или 360 градусовъ *). Раздѣ-

*) Нѣкоторые Французы раздѣляютъ четверть

леніе сіе при первомъ взглядѣ кажется довольно страннымъ; но оно имѣетъ нѣкоторыя выгоды, изъ коихъ главная состоитъ въ томъ, что число сіе можно дѣлить на многія равныя части на цѣло.

Такимъ образомъ *полуокружность равна* 180 *градусамъ.*

третья,	*четвертая,*	*пятая,*	*шестая,*	*восьмая,*
120	90	75	60	45
десятая,	*двѣнадцатая,*		*пятнадцатая,*	
36	30		24	
двадцатая,	*двадцать четвертая,*		*тридцатая,*	
18	15		12	

тридцать шестая . . . . *части окружности.*
10 . . . . *составляютъ градусовъ.*

Чтобы измѣрять углы, которые меньше градуса, то раздѣляютъ градусъ еще на 60 равныхъ частей, называемыхъ *минутами.*

А чтобы можно было брать еще мелчайшія измѣренія, то минуты раздѣляютъ на 60

окружности для удобности въ десятичномъ исчисленіи, которое принято въ основаніе новыхъ мѣръ ихъ, на 100 равныхъ частей или градусовъ, отъ чего цѣлую окружность принимаютъ въ 400 градусовъ.

Digitized by Google

секундъ, *секунды* на 60 *терцій*, а *терціи* на 60 *кварть*.

Итакъ окружность круга содержитъ 360 градусовъ, или 21.600 минутъ, или 1.296.000 секундъ, или 77.760.000 терцій, или 4.665.600.000 кварть.

Для краткости наименованія градусовъ, минутъ, секундъ, терцій и кварть, означаютъ ихъ знаками 0, ′, ″, ‴, ⁱᵛ, которыя пишутся въ верьху съ правой стороны цифры, означающей одно изъ сихъ дѣленій окружности круга; такимъ образомъ вмѣсто 15 градусовъ, 10 минутъ, 25 секундъ и 37 терцій можно писать 15°, 10′, 25″, 37‴.

Примѣненіе къ Географіи. Географы, при измѣреніи окружности Земли, дѣлаютъ весьма важное примѣненіе дѣленія окружности на градусы, минуты и проч. Они замѣтили, что линіи проводимыя отъ сѣвера къ югу и отъ востока къ западу весьма близко подходятъ къ окружности круга, почему и раздѣлили сіи линіи на градусы, минуты, секунды, терціи и проч.

По вѣрнѣйшимъ измѣреніямъ найдено, что окружность земли равна 37.498 верстамъ, а градусъ равенъ 104 верстамъ и 80¾ саже-

Digitized by Google

нямъ. У Французовъ градусъ раздѣляется на 100 минутъ, минута на 100 секундъ, секунда на 100 терцій, и т. д.

Приложеніе дѣленія круга къ строенію машинъ. Дѣленіе круга на части равныя есть дѣйствіе необходимо нужное въ большей части искуствъ и наипаче при устроеніи машинъ; на примѣръ, при начертаніи зубчатыхъ колесъ нужныхъ для зацѣпленія однѣхъ частей машинъ за другія, и желобоватыхъ цилиндровъ для пряденія бумаги, льна, конопли и проч. Отъ большей или меньшей точности сихъ дѣйствій зависитъ большая или меньшая легкость зацѣпленія зубчатыхъ колесъ. Посредствомъ одной только геометрической точности можно избѣгнуть различныхъ остановокъ и потери силъ, что происходитъ всегда отъ неправильности и не точности хожденія машинъ.

Изъ вышесказаннаго явствуетъ, что фабрикантъ никогда не долженъ употреблять зубчатыхъ колесъ и желобковатыхъ цилиндровъ, не вывѣривъ ихъ напередъ съ *величайшимъ раченіемъ*, то есть не узнавши, дѣйствительно ли зубцы и желобки раздѣляютъ окружность круга вездѣ на совершенно рав-

Digitized by Google

ныя части. Повѣрки такаго рода заставятъ фабрикантовъ машинъ болѣе думать о точности, промышленность наша выиграетъ большее сбереженіе въ употребленіи силъ, и произведенія оной, которыя требуютъ еще многихъ улучшеній, пріобрѣтутъ новое превосходство.

Инструменты служащіе для измѣренія угловъ. Для измѣренія угловъ употребляютъ много инструментовъ, на которыхъ назначается дѣленіе окружности круга на градусы и подраздѣленія градусовъ; наипростѣйшій изъ нихъ есть *транспортиръ.*

Инструментъ сей имѣетъ фигуру полукруга и дѣлается изъ мѣди или изъ рога, на которомъ назначаются одни только градусы. Если транспортиръ мѣдной (фиг. 17.), то центръ онаго C, означается маленькою, выемкою, кромѣ которой находятся еще двѣ другія m и p, позволяющія видѣть двѣ точки проведенной на плоскости линіи mCp, къ которой бокъ транспортира mCp совершенно прилегаетъ и составляетъ съ нею одну прямую линію. Роговой транспортиръ не имѣетъ надобности въ сихъ выемкахъ, ибо сквозь него видно начерченный на плоскости

Digitized by Google

рисунокъ, что составляетъ весьма важную выгоду.

Транспортиръ употребляется для снятія угловъ и *перенесенія* ихъ въ другое мѣсто.

Если чрезъ данную точку *a*, требуется провести прямую линію XaY, которая бы съ другою данною линіею EBD, составляла извѣстное число градусовъ AB, то двигаютъ транспортиръ къ линіи X*a*Y такимъ образомъ чтобы центръ C всегда оставался на линіи ED равно какъ и точка B, означающая число градусовъ угла ACB. Если основаніе MN транспортира, параллельное діаметру mn, достигнетъ до точки *a*, то по краю онаго проведя прямую линію XY, получимъ желаемое.

Астролябія есть инструментъ, употребляемый землемѣрами и инженерами для измѣренія угловъ и состоящій изъ мѣднаго круга, или полукруга раздѣленнаго на градусы, который называется лимбусомъ; къ кругу сему, у точекъ означенныхъ 360° и 180°, придѣланы перпендикулярно двѣ мѣдныя съ прорѣзами планочки, называемыя *неподвижными діоптрами*. Въ центрѣ лимбуса движется линейка съ таковыми же двумя планочками,

Digitized by Google

именуемая *подвижнымъ діоптромъ* или *алидадою*. При употребленіи, кругъ сей прикрѣпляется къ треножнику и ставится центромъ своимъ надъ вершиною измѣряемаго угла; потомъ смотрятъ сквозь прорѣзы неподвижнаго діоптра и направляютъ по ней весь инструментъ на предметъ находящійся на одной сторонѣ угла, а подвижной діоптръ наводятъ на предметъ другой стороны; тогда число градусовъ между сими двумя діоптрами заключающееся показываетъ величину угла.

Весьма полезно, чтобы преподающій изъяснилъ строеніе и употребленіе транспортира, астролябіи и другихъ инструментовъ, показывая ихъ въ натурѣ учащимся.

Есть инструменты, которые служатъ также къ измѣренію угловъ, но имѣютъ только: четверть градуснаго круга, каковы суть *квадранты*; иные шестую и называются *секстантами*; а другіе осьмую и именуются *октантами*. Инструменты сіи употребляются при измѣреніи земли и въ мореплаваніи, для узнанія положенія мѣста относительно земныхъ предметовъ и небесныхъ свѣтилъ.

Употребляютъ еще инструментъ, называемый *повторительнымъ кругомъ*, коимъ

Digitized by Google

повторяются наблюденія такимъ образомъ, что различныя погрѣшности, случающіяся при различныхъ дѣйствіяхъ раздѣляются на части и уменьшаютъ чрезъ то общую погрѣшность.

Независимо отъ погрѣшностей, соединенныхъ съ устроеніемъ, всѣ сіи инструменты имѣютъ общій недостатокъ, состоящій въ неравенствѣ градуснаго дѣленія; ибо никогда рука человѣческая не можетъ достигнуть до такой точности, какую воображаетъ себѣ Геометрія, то есть до раздѣленій совершенно точныхъ; однако ихъ можно уменьшать до такой степени, что они дѣлаются нечувствительными, даже если мы будемъ искать ихъ инструментами, способными открывать малѣйшія погрѣшности.

Машины для раздѣленія круговъ. Для скорѣйшаго и легчайшаго раздѣленія круговъ устроены особенныя машины, состоящія въ слѣдующемъ. На мѣдной доскѣ проводятъ нѣсколько одноцентренныхъ (концентрическихъ) круговъ, начиная отъ чрезвычайно малаго до чрезвычайно большаго и раздѣляютъ ихъ постепенно

1, 2, 3, 4, 5, . . . круги

Digitized by Google

на 3, 4, 5, 6, 7. . . . равныхъ частей.

Сіи первыя дѣленія должны быть сдѣланы съ чрезвычайною точностію, и неоднократно быть вывѣрены, помощію одного изъ показанныхъ выше способовъ.

Положимъ теперь, что должно раздѣлить на равныя части какой нибудь кругъ или часть онаго, то кладутъ сей новый кругъ на машину такимъ образомъ, чтобы центръ его и центры всѣхъ градусныхъ круговъ машины были на одной и тойже оси. (Здѣсь нужно чтобы обучающій показалъ учащимся машину на самомъ дѣлѣ и объяснилъ ея употребленіе).

Раздѣленіе круга на градусы, тогда только можетъ быть вѣрно, когда центръ его будетъ совершенно находиться на общемъ центрѣ круговъ уже раздѣленныхъ. Гамбей, знаменитый Французскій художникъ, нашелъ средство, однимъ только простымъ приложеніемъ параллельныхъ линій, отвращать сей недостатокъ и раздѣлять съ удивительною точностію окружности, хотя бы онѣ были и неконцентрическія съ первоначально раздѣленными кругами.

Пусть ACB (фиг. 18.) будетъ та плоскость на которой требуется провести дугу AB

Digitized by Google

съ назначеніемъ на оной градусныхъ дѣленій, совершенно одинаковыхъ съ дѣленіями находящимися на кругѣ машины. Прямоугольная доска CMNPQ поставлена для сего такимъ образомъ, что стороны оной CM и PQ направлены въ центръ C плоскости ACB, которую должно дѣлить; сія доска движется только по направленію параллельному къ первоначальному ея положенію. Ежели при таковомъ положеніи оной подвинемъ плоскость на какое нибудь пространство, на примѣръ на 50°, то сторона OCA приметъ положеніе O*ca*, CB перейдетъ въ cb и уголъ *a*cb будетъ равенъ 50°; въ семъ движеніи четырехугольная доска, перешедшая въ cmnpq, не перемѣнитъ своего положенія, ибо линія pq будетъ находиться въ прямой линіи съ центромъ дѣлимой плоскости c. Но въ тоже время: 1) указатель Q означитъ на дѣлимой плоскости рядъ точекъ, находящихся въ равномъ разстояніи отъ C, то есть дугу круга имѣющаго центромъ точку C; и 2) когда дѣлимая плоскость подвинется на одинъ градусъ, то и указатель Q пройдетъ на ней также на одинъ градусъ.

Digitized by Google

Digitized by Google

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

О различныхъ формахъ, которыя можно давать произведеніямъ промышленности помощію прямой линіи и круга.

Плоскія фигуры, ограниченныя прямыми линіями, бываютъ правильныя и неправильныя, простыя и сложныя; но мы ограничимся описаніемъ тѣхъ только, которыя наиболѣе употребляются въ искуствахъ.

Двѣ прямыя линіи, параллельныя или непараллельныя, не могутъ заключать опредѣленнаго пространства, для сего должны быть по крайнѣй мѣрѣ три линіи и при томъ не параллельныя.

Плоскость ограниченная тремя прямыми линіями, называется *трехугольникомъ*. Въ трехугольникѣ ABC (фиг. 1) различаютъ: *три стороны* AB, BC и CA; три *угла*, и три *вершины* A, B и C сихъ трехъ угловъ.

Углы трехугольника имѣютъ примѣчательное и весьма драгоцѣнное для искуствъ свойство, состоящее въ томъ, что сумма ихъ

Digitized by Google

равна двумъ прямымъ угламъ, *каковы бы ни были величина и видъ трехугольника.*

Для доказательства сего, продолжимъ (фиг. 2) сторону AB до E и проведемъ изъ точки B линію BD параллельную сторонѣ AC; тогда отъ пересѣченія двухъ параллельныхъ линій AC и BD прямыми линіями ABE и BC будетъ: 1) уголъ CAB равенъ углу DBE; 2) уголъ ACB равенъ углу CBD. Итакъ три угла A, B и C трехугольника ABC будутъ равны тремъ угламъ ABC, CBD и DBE, занимающимъ по одну сторону прямой линіи ABE пространство двухъ прямыхъ угловъ; слѣдовательно сіи три угла трехугольника равны двумъ прямымъ угламъ.

Изъ сего слѣдуетъ, что зная два угла трехугольника, можно всегда найти третій: для сего нужно только сложеніе и вычитаніе.

Положимъ напримѣръ, что изъ данныхъ двухъ угловъ одинъ будетъ имѣть 37°, а другой 49°; тогда, *сложивши* 37° съ 49° получимъ 86°, а *вычтя* сію сумму изъ двухъ прямыхъ угловъ или изъ 180°, найдемъ 94°: слѣдовательно третій уголъ долженъ быть равенъ 94°.

Поелику сумма трехъ угловъ трехугольника равна двумъ прямымъ угламъ, то явст-

Digitized by Google

вуетъ, что одинъ изъ нихъ долженъ быть равенъ нулю, или вовся не существовать, когда каждый изъ остальныхъ другихъ двухъ угловъ равенъ прямому: по сему въ трехугольникѣ болѣе одного прямаго угла быть не можетъ.

Тѣмъ паче въ трехугольникѣ ABC (фиг. 1) болѣе одного *тупаго* угла A, которой больше прямаго, быть не можетъ: такой трехугольникъ отъ сего и называется *тупоугольнымъ*.

Трехугольникъ ABC (фиг. 2) можетъ имѣть всѣ три угла острые; тогда онъ именуется *остроугольнымъ*.

Прямоугольной трехугольникъ ABC (фиг. 23) есть тотъ, который имѣетъ одинъ прямой уголъ B. Сторона AC, противолежащая сему углу, которая всегда бываетъ болѣе прочихъ сторонъ, называется *гипотенузою*.

Теперь сравнимъ между собою стороны трехугольника. Поелику прямая линія есть кратчайшій путь отъ одной точки до другой, то слѣдуетъ, что во всякомъ трехугольникѣ *сумма каждыхъ двухъ сторонъ онаго всегда должна быть болѣе остальной третьей стороны.*

Digitized by Google

Изъ двухъ сторонъ AB и AC трехугольника ABC (фиг. 1) большая AC противолежитъ и большему углу B; ибо сдѣлавъ Ab=AB и Ac=AC, и проведя Bb и Cc, мы получимъ углы ABb, AbB, ACc и AcC, которые всѣ равны между собою; а какъ уголъ ABC больше угла ABb, уголъ же ACB меньше угла ACc: то слѣдуетъ, что и уголъ ABC больше угла ACB.

Трехугольникъ ABC (фиг. 3) называется *равносторонныимъ*, когда имѣетъ всѣ три стороны равныя.

Равнобедренный (фиг. 4) трехугольникъ ABC есть тотъ, который имѣетъ только двѣ равныя стороны.

Разсматривая двѣ равныя стороны CA и CB (фиг. 4), какъ равныя наклонныя линіи въ отношеніи къ *основанію* AB легко увидѣть, что перпендикуляръ CD, опущенный на основаніе AB, проходитъ чрезъ средину онаго и самый трехугольникъ раздѣляетъ на двѣ равныя части.

Архитекторы, для симметріи, покрываютъ большую часть домовъ и публичныхъ зданій крышами, которыхъ профиль представляетъ *равнобедренный* трехугольникъ. У древнихъ Греческихъ храмовъ и домовъ Итальянскихъ

Digitized by Google

(фиг. 5) профиль сей изображаетъ *тупоугольный* трехугольникъ, а крыши колоколенъ и древнихъ готическихъ зданій имѣютъ въ разрѣзѣ *остроугольный* трехугольникъ.

Для подъема тяжестей, часто употребляютъ машину, представляющую по наружности *козлы* (фиг. 7); она составляется изъ двухъ равной длины деревянныхъ брусьевъ, у одного конца соединенныхъ вмѣстѣ какъ въ C, а у другаго раздѣленныхъ перекладиною AB. Веревка, которою поднимаютъ тяжесть D проходитъ чрезъ блокъ укрѣпленный въ C. Трехугольникъ ABC, изображающій козлы, есть *равнобедренный*, почему перпендикуляръ, опущенный изъ C на основаніе AB, раздѣляетъ его на двѣ равныя части.

Въ искусствахъ, часто имѣютъ надобность, строить трехугольники по нѣкоторымъ даннымъ частямъ; это дѣлается такъ:

I. Когда даны три стороны 1, 2 и 3 (фиг. 9), то на мѣстѣ, гдѣ долженъ быть трехугольникъ, проводятъ линію AB равную сторонѣ 3; по томъ изъ точки A какъ центра и разстояніемъ циркуля равнымъ сторонѣ 2, какъ радіусомъ, описываютъ дугу круга mCn, а изъ точки B, также какъ изъ центра и раз-

Digitized by Google

твореніемъ циркуля равнымъ сторонѣ 1, какъ радіусомъ, другую дугу круга pCq; на конецъ чрезъ точку C, гдѣ сіи двѣ дуги пересѣкаются и концы линіи AB, проводятъ прямыя AC и BC; тогда полученный трехугольникъ ABC и будетъ искомый.

II. Когда даны двѣ стороны 1, 2 и уголъ *a* (фиг. 10). Для сего также въ приличномъ мѣстѣ проводятъ линію AB, равную длинѣ стороны 2; по томъ угломѣрнымъ инструментомъ (транспортиромъ, циркулемъ или какимъ либо другимъ), проводятъ линію AC, такимъ образомъ, чтобы уголъ BAC былъ равенъ данному углу *a*, и дѣлаютъ AC равною сторонѣ 1; наконецъ чрезъ точки B и C проводятъ прямую BC: тогда трехугольникъ ABC и будетъ требуемый.

III. Когда даны сторона 1, и два угла *a* и b, коихъ вершины должны быть при концахъ сей линіи (фиг. 11). Чтобы рѣшить сіе, проводятъ линію AB равную длинѣ стороны 1; по томъ помощію угломѣрнаго инструмента проводятъ линіи AC и BC такъ, чтобы онѣ составляли съ линіею AB углы ACB и ABC относительно равные угламъ *a*b; тогда трехугольникъ ABC и будетъ желаемый.

Digitized by Google

Всѣ сіи дѣйствія весьма просты, но необходимо, чтобы обучающій заставлялъ учащихся часто повторять ихъ съ линейкою и циркулемъ.

Мы изъяснили три способа построенія трехугольника: 1) по даннымъ тремъ сторонамъ; 2) по даннымъ двумъ сторонамъ и углу между ими заключающемуся; и 3) по даннымъ двумъ угламъ и сторонѣ имъ прилежащей. Въ каждомъ изъ сихъ случаяхъ мы видѣли, что трехугольники сими данными частями совершенно опредѣлялись.

Слѣдовательно: 1. Когда въ двухъ трехугольникахъ три стороны одного совершенно равны тремъ сторонамъ другаго, каждая каждой порознь; то таковые трехугольники равны между собою, ибо они совершенно одинаково построены, но только въ различныхъ мѣстахъ.

2. Когда въ двухъ трехугольникахъ двѣ стороны и уголъ между ими заключающійся равны порознь взятымъ двумъ сторонамъ и углу между ими заключающемуся другаго трехугольника, то таковые трехугольники равны между собою.

Digitized by Google

3. Когда два угла и сторона имъ прилежащая одного трехугольника равны двумъ угламъ и сторонѣ имъ прилежащей другаго, то таковые трехугольники равны между собою.

Такимъ образомъ (фиг. 8), два трехугольника ABC и abc суть равны между собою:

1) Когда AB равна ab, BC равна bc и AC равна ac; 2) когда AB равна ab, BC равна bc и уголъ B равенъ углу b; полагая B между сторонами AB и BC, а b между ab и bc; 3) когда AB равна ab, уголъ A равенъ углу *a* и уголъ B равенъ углу b.

Художникъ долженъ безпрестанно въ воображеніи своемъ представлять сіи различныя условія равенства, потому что онѣ весьма часто употребляются въ дѣйствіяхъ промышленности, равно какъ въ доказательствахъ Геометріи и Механики.

Если одно изъ трехъ условій равенства двухъ трехугольниковъ не выполняется совершенно, то таковые трехугольники уже не могутъ быть равны между собою: ибо тогда какая нибудь изъ сторонъ, или какой либо изъ угловъ одного трехугольника не будутъ равны сторонѣ или углу другаго.

Digitized by Google

Дабы съ точностію упражняться въ искуствахъ, то весьма важно узнавать по какимъ нибудь простымъ признакамъ необходимыя условія для каждаго дѣйствія; это даетъ способъ избѣгать многихъ погрѣшностей и служитъ непосредственною повѣркою.

О четырехсторонныхъ фигурахъ или четырехугольникахъ.

Всякая плоскость ABCD (фиг. 12), ограниченная четырьмя прямыми линіями, имѣетъ *четыре угла* и *четыре вершины* A, B, C, D. Прямыя линіи AC и BD, соединяющія вершины двухъ противоположныхъ угловъ, называются *діагоналями*.

Въ Геометріи, тѣ фигуры, которыя имѣютъ четыре стороны имѣютъ общее названіе *четырехугольниковъ*, и смотря по большей или меньшей правильности ихъ, онѣже имѣютъ различныя частныя наименованія.

Трапеціею ABCD (фиг. 13) называется такая четырехсторонная фигура, у которой только двѣ стороны AB и CD параллельны.

Трапеція бываетъ *прямоугольная* (фиг. 15), когда третья сторона BC перпендикулярна къ двумъ параллельнымъ AB и CD.

Digitized by Google

Трапеція ABCD (фиг. 15) именуется *равнобедренною*, если двѣ непараллельныя стороны оной AD и BC будутъ ровно наклонены въ отношеніи къ другимъ двумъ сторонамъ.

Крыши нѣкоторыхъ правильныхъ зданій составляются изъ двухъ частей, изъ коихъ верхняя представляетъ *равнобедренный* трехугольникъ MDC (фиг. 15), а нижняя *равнобедренную* трапецію ABCD: крыши такого рода называются *Манзардовыми*, по имени изобретателя ихъ Архитектора Манзарда.

Четырехсторонная фигура (фиг. 16), которой каждыя двѣ противолежащія стороны параллельны, называется *параллелограммомъ*.

Приложенія. Употребленіе параллелограмма въ искуствахъ безконечно; весьма часто употребляютъ его при построеніи машинъ; онъ служитъ къ произведенію того, что называется *параллельнымъ движеніемъ*, и проч.

По доказанному въ шестой главѣ свойству параллельныхъ линій противоположные углы параллелограмма A и C съ одной стороны, D и B съ другой стороны, равны между собою: два изъ нихъ острые и два ту-

Digitized by Google

пые. Если къ тупому углу придадимъ острый, то сумма ихъ будетъ равна двумъ прямымъ угламъ; ибо ежели продолжимъ (фиг. 16) сторону DC до E, то по параллельности прямыхъ AD и BC, будетъ уголъ ADC равенъ углу BCE, а DCB съ BCE равны двумъ прямымъ угламъ; слѣдовательно и DCB съ ADC также равны двумъ прямымъ угламъ.

Во второй главѣ было доказано, что параллельныя линіи, заключающіяся между параллельными же, равны между собою; изъ сего слѣдуетъ, что противоположныя стороны параллелограмма также равны между собою. Итакъ AB равна CD и AD равна BC.

Точка O, *гдѣ обѣ діагонали пересѣкаются, находится въ срединѣ каждой изъ оныхъ.*

Въ самомъ дѣлѣ, если AOC и DOB діагонали, то трехугольники ABO и DCO равны между собою, потому что: 1) AB=DC; 2) уголъ ODC=OBA; и 3) по свойству параллельныхъ линій уголъ OCD=углу OAB; слѣдовательно OB=OD и OA=OC.

Изъ двухъ діагоналей AC и DB *наибольшая* AC (фиг. 17) *противолежитъ большимъ угламъ* B и D.

Чтобы доказать сіе, проведемъ линіи DE

Digitized by Google

и CF, перпендикулярныя къ сторонамъ AB и CD, сіи линіи будутъ равны между собою; а какъ при семъ очевидно, что BE меньше AF, то и наклонная BD должна быть меньше наклонной AC.

Параллелограммъ ABCD (фиг. 18), котораго всѣ четыре стороны равны между собою, называется *ромбомъ*: фигура сія по причинѣ правильности своей имѣетъ пріятной видъ, почему и употребляется въ искуствахъ для украшенія.

Когда двѣ соприкосновенныя стороны параллелограмма заключаютъ прямой уголъ, то всѣ прочіе углы онаго суть также прямые.

Въ самомъ дѣлѣ (фиг. 19), если въ параллелограммѣ ABCD уголъ A прямой, то сторона AD перпендикулярна къ AB; тоже будетъ и для BC въ отношеніи AB. А когда два угла A и B прямые, то и равные имъ другіе два D и C, должны быть также прямые.

Такова фигура которую называютъ *прямоугольнымъ параллелограммомъ* (фиг. 19) или для краткости просто *прямоугольникомъ*. Въ сей фигурѣ, двѣ діагонали AC и BD равны между собою; ибо два прямоугольные трехугольника ADC и DAB равны, по-

Digitized by Google

тому что: 1) уголъ прямой D равенъ прямому углу A; 2) сторона AD есть общая въ обоихъ трехугольникахъ, слѣдовательно равна для оныхъ; 3) сторона DC угла D перваго трехугольника, равна сторонѣ AB, угла A другаго; по сему и третія сторона AC трехугольника ADC будетъ равна третьей сторонѣ BD трехугольника DAB. Итакъ діагонали AC и BD равны между собою.

Прямоугольникъ ABCD (фиг. 20), котораго всѣ четыре стороны равны между собою, называется *квадратомъ*.

Теперь повторимъ въ краткѣ вышесказанныя свойства четырехсторонныхъ фигуръ, свойства которыя молодой художникъ долженъ запечатлѣть въ своей памяти:

Въ квадратѣ, всѣ четыре угла равные и прямые, четыре стороны равны каждая каждой, и двѣ діогонали также равны между собою.

Въ прямоугольникѣ, всѣ четыре угла равные и прямые; двѣ большія стороны равно какъ двѣ меньшія и двѣ діагонали онаго также равны между собою.

Въ ромбѣ, четыре стороны, два тупые и два острые угла равны между собою, а діагонали онаго не равныя.

Digitized by Google

Въ параллелограммѣ, двѣ большія стороны, два большіе угла, также двѣ меньшія стороны и два меньшіе угла равны между собою, діагонали же онаго не равны и большая противолежитъ большему углу а меньшая меньшему.

Симметрія четырехугольниковъ. Перегибая одну часть сихъ фигуръ на другую ей равную, найдемъ: 1) что *трапеція* о равныхъ наклонныхъ линіяхъ (фиг. 15) будетъ симметрическая въ отношеніи линіи EF, проходящей чрезъ средину двухъ основаній; 2) что *прямоугольникъ* (фиг. 19) будетъ симметрическимъ въ отношеніи къ каждой прямой проведенной чрезъ средины противоположныхъ сторонъ; 3) что *ромбъ* (фиг. 18) будетъ симметрическимъ въ отношеніи къ каждой изъ его діагоналей; и 4) что *квадратъ* (фиг. 20) будетъ симметрическимъ въ отношеніи къ двумъ его діагоналямъ и каждой прямой линіи проведенной чрезъ средину противоположныхъ сторонъ. Сія симметрія четырехсторонних фигуръ весьма важна въ искусствахъ и въ Механикѣ.

Извѣстно, *что во всякомъ трехугольникѣ сумма всѣхъ угловъ равна двумъ прямымъ угламъ.*

Digitized by Google

Но каждый четырехугольникъ ABCD (фиг. 12) можетъ быть разбитъ на два трехугольника ABC и ACD, изъ коихъ въ каждомъ сумма трехъ угловъ составляетъ два прямыхъ угла; а какъ сумма шести угловъ сихъ трехугольниковъ будетъ равна четыремъ угламъ фигуры ABCD: то

Во всякомъ четырехугольникѣ сумма всѣхъ угловъ равна дважды взятымъ двумъ прямымъ угламъ, или просто четыремъ прямымъ угламъ.

Если будемъ имѣть фигуру о пяти сторонахъ ABCDE (фиг. 21), то проведя отъ вершины A къ другимъ двумъ вершинамъ C и D прямыя линіи AC и AD, мы раздѣлимъ оную на три трехугольника, которыхъ девять угловъ вмѣстѣ взятыхъ составятъ пять угловъ фигуры ABCDE.

Итакъ, *въ пятиугольникѣ сумма всѣхъ внутреннихъ угловъ равна трижды взятымъ двумъ прямымъ угламъ, или шести прямымъ угламъ.*

Посему можно заключить, что сумма угловъ для фигуръ состоящихъ, изъ

3, 4, 5, 6, 7, 8 сторонъ

будетъ равна 2, 4, 6, 8, 10, 12 прямымъ угламъ.

Digitized by Google

Отношенія круга къ прямолинейнымъ фигурамъ. Чрезъ три вершины трехугольника ABC (фиг. 22) всегда можно описать кругъ и вотъ какимъ образомъ: изъ точки m, средины линіи AB, проведи къ ней перпендикулярную линію mo; и изъ средины n линіи BC возставь къ ней перпендикуляръ no; тогда точка o, гдѣ сіи перпендикуляры встрѣтятся, будетъ находиться въ равныхъ разстояніяхъ отъ трехъ вершинъ A, B и C; слѣдовательно точка сія будетъ центръ круга, проходящаго чрезъ сіи три точки.

Когда три вершины трехугольника находятся на окружности круга, то его называютъ *вписаннымъ* въ кругѣ.

Когда трехугольникъ *прямоугольный* (фиг. 23), то есть, когда онъ имѣетъ одинъ прямой уголъ B, то центръ O круга, проходящаго чрезъ три вершины онаго, будетъ находиться въ срединѣ стороны AC, противолежащей прямому углу, которую мы назвали *гипотенузою.*

Вотъ простѣйшее доказательство сего правила *).

*) Это же самое можно доказать и безъ помощи прямоугольника. Проведя по срединѣ

Digitized by Google

Въ прямоугольникѣ ABCD (фиг. 25), двѣ діагонали онаго равны между собою; слѣдовательно и половины ихъ OA, OB, OC, OD, также равны, по чему каждую изъ нихъ можно взять за радіусъ круга. Итакъ *во всякомъ кругѣ можно вписать прямоугольникъ* (фиг. 25), *а слѣдовательно и квадратъ* (фиг. 26).

линіи AB (фиг. 23) прямую MO, перпендикулярную къ оной, и по срединѣ N линіи BC къ ней перпендикулярную NO; точка встрѣчи ихъ O будетъ вершиною двухъ равныхъ трехугольниковъ AMO и BMO, въ которыхъ означимъ мы чрезъ 1 и 2 острые углы соотвѣтствующіе угламъ AMO и BMO. Поелику углы 1 и 2 составляютъ сумму равную *прямому углу*; а въ большомъ прямоугольномъ трехугольникѣ, углы A и C также составляютъ прямой уголъ: то заключать должно, что какъ углы означенные 1, 1, 1, 1 суть равны между собою, такъ и углы означенные тутъ 2, 2, 2, 2 равны между собою. Замѣтимъ что углы 1, 1, 2, 2 около точки O, по одну сторону AOC, равны 1 съ 2 и 1 съ 2, или дважды взятому прямому углу. Итакъ AO и OC составляютъ прямую линію, а точка O, равно отстоящая отъ точекъ A, B и C находится на гипотенузѣ AC.

Digitized by Google

Если къ данному прямоугольному трехугольнику ABC (фиг. 25) пристроимъ другой ADC ему равный, то получимъ прямоугольникъ вписанный въ кругѣ, коего центръ будетъ находится по срединѣ линіи AC. Итакъ кругъ, проходящій чрезъ три вершины A, B и C трехугольника ABC прямоугольнаго въ B, имѣетъ діаметромъ наибольшую сторону AC сего трехугольника.

Изъ сего слѣдуетъ, что всякая четырехсторонная фигура ABCD (фиг. 24), коей противоположные углы B и D порознь суть прямые, можетъ быть вписана въ кругѣ, проходящемъ чрезъ четыре вершины оной. Въ самомъ дѣлѣ діагональ AC раздѣляетъ сію фигуру на два прямоугольныхъ трехугольника, вписанныхъ въ кругѣ, изъ коихъ у каждаго діаметръ есть линія AC.

Фигуры имѣющія болѣе четырехъ сторонъ получаютъ наименованія по числу сторонъ и угловъ, такъ на примѣръ фигура о 5 углахъ называется *пятиугольникомъ*, о 6 углахъ *шестиугольникомъ*, и такъ далѣе.

Между сими фигурами, которыя имѣютъ общее названіе *многоугольниковъ* (чѣмъ означается, что фигура о многихъ углахъ), осо-

Digitized by Google

бенное заслуживаютъ вниманіе *правильные многоугольники*, употребленіе коихъ весьма важно для промышленности.

Правильные многоугольники имѣютъ всѣ стороны и всѣ углы равные.

Посему опредѣленію, если извѣстна точка O (фиг. 27), находящаяся въ равномъ разстояніи отъ трехъ вершинъ A, B и C, правильнаго многоугольника ABCDEF, то я говорю, что точка сія будетъ также въ равномъ разстояніи отъ всѣхъ прочихъ вершинъ, то есть, OA=OB=OC=OD. . . . . .

Въ самомъ дѣлѣ, равнобедренные трехугольники AOB и BOC, имѣющіе равныя основанія AB и BC и равныя сходственныя стороны OA, OB и OC, суть равны между собою. Сходственные углы равны $\frac{1}{2}$B, ибо два вмѣстѣ соединенные составляютъ уголъ B. Трехугольникъ OCD равенъ OCB, поелику сторона OC есть общая; CD=BC, какъ стороны правильнаго многоугольника, и уголъ OCD=OCB, поелику каждый изъ сихъ угловъ равенъ полсуммѣ ихъ. Такимъ образомъ постепенно докажемъ что трехугольники ODE, OEF . . . . равны первому, а потому также равнобедренные; слѣ-

Digitized by Google

довательно ихъ сходственныя стороны OA, OB, OC. . . . . суть равны между собою. Итакъ точка O, находясь въ равномъ разстояніи отъ всѣхъ вершинъ правильной фигуры, будетъ центромъ круга, проходящаго чрезъ всѣ сіи вершины.

Поелику около каждыхъ трехъ вершинъ можно описать кругъ, то слѣдуетъ, что *около каждаго правильнаго многоугольника, какого бы онъ числа сторонъ ни былъ, всегда можно описать кругъ.*

Обратно, *во всякомъ данномъ кругѣ можно вписать правильной многоугольникъ, какого числа сторонъ ни угодно.*

Для сего должно окружность круга раздѣлить на столько равныхъ частей, сколько многоугольникъ долженъ имѣть сторонъ, потомъ точки дѣленія соединить прямыми линіями.

Въ третьей главѣ мы показали отношенія длины между радіусами круга и разстояніями точекъ окружности, которыя означаютъ длины сторонъ многоугольниковъ. И такъ въ разсужденіи сего здѣсь не будетъ никакой трудности.

Digitized by Google

Примѣненіе правильныхъ многоугольниковъ къ правильнымъ укрѣпленіямъ. Военные Инженеры при начертаніи правильныхъ укрѣпленій, употребляютъ правильные многоугольники. Число сторонъ многоугольника опредѣляется величиною укрѣпляемаго мѣста. Равносторонній трехугольникъ и квадратъ служатъ имъ только для однихъ полевыхъ укрѣпленій; *пятиугольниками, шестиугольниками* и *семиугольниками* окружаютъ они малыя пространства и цитадели. Фигуры большаго числа сторонъ служатъ для обнесенія ими довольно значительныхъ городовъ.

Примѣненіе предыдущихъ фигуръ къ мощенію улицъ, штучной работѣ, оконичнымъ стекламъ и мозаикѣ. Обыкновенно представляющаяся въ сихъ работахъ задача состоитъ въ томъ, чтобы точно наполнить нѣкоторое опредѣленное пространство фигурами, ограниченными прямыми линіями. Очевидно, что задача сія имѣетъ безконечное число рѣшеній, ибо проводимыя по плоскости прямыя линіи можно совокуплять безконечными манерами.

Digitized by Google

Если требуется чтобы всѣ фигуры были правильныя и одинакаго числа сторонъ, тогда вопросъ дѣлается легче и можетъ рѣшиться помощію одного изъ слѣдующихъ построеній:

1. Равносторонныхъ трехугольниковъ, коихъ шесть вершинами своими соединяются вмѣстѣ въ одной точкѣ (фиг. 27).

2. Квадратовъ, коихъ четыре, соединяются вмѣстѣ въ одной точкѣ (фиг. 29).

3. Шестиугольниковъ, коихъ три, соединяются вершинами въ одной точкѣ (фиг. 28).

Чтобы доказать справедливость сихъ задачъ, предложимъ слѣдующую таблицу:

Углы многоугольниковъ

изъ 3, 4, 5, 6, 7, стор. имѣютъ 60°, 90°, 108°, 120, $128°\frac{4}{7}$,

изъ 8, 9, 10, 11, 12, стор. имѣютъ 135°, 140°, 144°, $147°\frac{3}{11}$, 150°.

Но 6 разъ 60°, 4 раза 90° и 3 раза 120° составляютъ 360°.

Поелику всякое другое число градусовъ не дѣлитъ 360° на цѣло, то никакими другими углами правильныхъ многоугольниковъ, кромѣ трехугольниковъ, четырехугольниковъ и шестиугольниковъ, не возможно наполнить все-

Digitized by Google

го пространства около одной данной точки.

Замѣтимъ, что при наполненіи пространства около одной точки (фиг. 27) шестью равносторонными трехугольниками, шесть внѣшнихъ сторонъ образуютъ правильный шестіугольникъ, вписанный въ кругѣ, коего радіусы суть внутреннія стороны сихъ трехугольниковъ. Итакъ, *стороны правильнаго шестиугольника вписаннаго въ кругѣ равны радіусу онаго*: свойство сіе весьма драгоцѣнно для промышленности.

Многообразность предметовъ, входящихъ въ составъ сего курса, не позволяетъ намъ съ подробностію разсмотрѣть другія болѣе или менѣе правильныя фигуры, которыя, будучи совокуплены вмѣстѣ, даютъ полезныя для искуствъ произведенія: изученіе и черченіе оныхъ будутъ упражнять и въ тоже время образовать воображеніе и вкусъ учащихся.

При работахъ мозаическихъ или штучныхъ, или при мощеніи, производимыхъ для того чтобы ходить по онымъ, должно наблюдать дабы никакая точка поверхности не была соединеніемъ слишкомъ многихъ вершинъ; ибо, въ такомъ случаѣ, ежели ступить ногою или по-

Digitized by Google

ложить на сію точку какую либо тяжесть, она весьма легко будетъ уступать давленію, отъ чего нарушится связь и прочность работы.

Также должно стараться избѣгать употребленія шести равносторонныхъ трехугольниковъ, кои вершинами своими сходятся въ одну точку.

Равнымъ образомъ не должно употреблять четырехъ четырехугольниковъ, сходящихся вмѣстѣ вершинами своими.

Если желаютъ покрыть полъ или мостовую квадратами или прямоугольниками, то при семъ стараются сіи квадраты или прямоугольники выровнять прямыми рядами, наблюдая, чтобы швы каждаго слѣдующаго ряда приходились по срединѣ квадратовъ или прямоугольниковъ предыдущаго. По сей-то причинѣ въ архитектурныхъ строеніяхъ употребляютъ камни, которые обтесываются по формѣ и кладутся какъ показано въ фиг. 30.

Римляне для построенія стѣнъ часто употребляли камни или кирпичи, которымъ давали фигуру рыба; они называли сей родъ работы opus reticulatum то есть сѣтчатою работою (фиг. 31), и въ самомъ дѣлѣ она имѣетъ видъ сѣти.

Digitized by Google

При настилкѣ половъ въ комнатахъ, весьма выгодно употреблять шестиугольникъ (фиг. 28).

Пчелы, дѣлаютъ свои ячейки въ сотахъ правильными шестиугольниками. Форма сія имѣетъ то свойство, что пчелы даннымъ количествомъ воска могутъ огораживать наибольшее пространство.

Въ глубокой древности, производили колоссальныя и весьма твердыя строенія изъ огромныхъ камней, обтесанныхъ неправильными многоугольниками; многіе тогда воздвигнутые монументы существуютъ и до сихъ поръ въ Италіи, Сициліи и Греціи. Таковы строенія, которыя назывались *циклопскими*, и которыхъ образецъ представленъ въ фиг. 32.

Выгода сего рода строеній состоитъ въ томъ, что можно воспользоваться естественною формою камней, опредѣленныхъ на сооруженіе монументовъ, обтесывая ихъ такимъ образомъ, чтобы утрата массы была сколь возможно менѣе.

Знаменитая плотина, устроенная Англичанами, для защиты Плимутской рейды отъ ярости волнъ морскихъ, одѣта на верху и по внѣшнему откосу оной на значительную

Digitized by Google

высоту огромными кусками мрамора, обтесанными и вдѣланными какъ въ циклопскихъ строеніяхъ. Такого рода вдѣлка не только не позволяетъ дѣйствію волнъ моря поднять одинъ камень отдѣльно, но еще способствуетъ къ твердости и устойчивости цѣлой плотины.

Фигуры ограниченныя частями прямыхъ линій и круга. Если фигуры состоящія изъ прямыхъ линій представляютъ великое многообразіе, то можно себѣ представить, какова должна быть многообразность фигуръ составляемыхъ частію изъ прямыхъ линій и частію изъ круга.

Наипростѣйшая изъ таковыхъ фигуръ есть та, которая составляется изъ полукруга и его діаметра, каковы, на примѣръ, астролябія и транспортиръ, употребляемые для перенесенія угловъ *).

Сюда принадлежатъ *театры* древнихъ народовъ и *амвитеатры* новѣйшихъ, назначаемые для публичныхъ собраній и для слушанія лекцій. Ораторъ или Профессоръ находится въ точкѣ C (фиг. 33), а слушатели помѣщаются на полукружіяхъ равно ме-

*) Смотри таблицу третьей главы фиг. 17.

Digitized by Google

жду собою отстоящихъ и имѣющихъ центромъ точку C и діаметромъ линію AB.

Если чрезъ концы діаметра ACB (фиг. 34) проведемъ къ оному перпендикуляры, то сіи перпендикуляры будутъ касательныя въ точкахъ A и B къ полукругу AMB. Если по томъ въ какомъ либо разстояніи провести линію EF параллельную линіи AB, то мы получимъ фигуру весьма часто употребляемую въ искусствахъ: то есть фигуру сводовъ и воротъ или дверей, называемую *полнымъ сводомъ*.

Если надъ прямоугольникомъ ABFE (фиг. 35), изъ точки A радіусомъ AB, опишемъ дугу BM, по томъ изъ другой точки B, и тѣмъ же радіусомъ AB, опишемъ другую дугу AM, то получимъ фигуру, которую изображаютъ своды называемые *трегранными*.

Изображеніе сводовъ полною дугою принадлежитъ къ *Греческой Архитектурѣ* и вообще въ *новѣйшей*; фигура трегранныхъ сводовъ относится къ *готической Архитектурѣ*. Сіи двѣ Архитектуры, которыя употребляютъ различныя геометрическія формы, обязаны симъ формамъ своими частными свойствами, различающими ихъ между собою. Каждая изъ нихъ

Digitized by Google

имѣетъ свои права на предпочтеніе и удивленіе людей свѣдущихъ: каждая заслуживаетъ быть предметомъ пространнаго ученія, какъ для изящности формъ и частей, такъ и для смѣлости и прочности строеній.

Если (фиг. 34) на линіи EF, какъ на діаметрѣ опишемъ полкруга, то получимъ обводъ AMBFNE, который изображаетъ планъ амфитеатра употреблявшагося древними для публичныхъ конскихъ ристаній и называвшагося *гипподромомъ*. Предѣлы, около которыхъ повертывались ѣздоки, дѣлались въ видѣ дугъ круга описанныхъ изъ центровъ C и c.

Новѣйшіе строители употребляютъ для мостовъ и зданій низменные своды, составляемые изъ многихъ дугъ круга: они называются *полуовальными сводами*. Въ фиг. 36 находятся три дуги круга, имѣющія три центра O, P и Q (смотри четырнадцатую главу).

Готическій родъ Архитектуры или лучше *Маврскій*, состоитъ въ образованіи сводовъ изъ двухъ весьма крутыхъ маленькихъ дугъ BD и GF (фиг. 37), которыя потомъ продолжаются прямыми линіями DE и EF,

Digitized by Google

составляющими пересѣченіемъ своимъ тупой уголъ.

Англичане имѣютъ множество сего рода готическихъ зданій, которыхъ наружность не имѣетъ никакой примѣчательной изящности кромѣ смѣлости строенія. Таковы суть часовни Генриха VIII въ Вестминстерѣ и Святыя Троицы въ Камбриджѣ, и Замокъ въ Виндзорѣ.

Искуство профилированія. Архитекторы для украшенія профилей зданій, изобрѣли простое и приятное сопряженіе круга съ прямою линіею, подъ именемъ *Архитектурныхъ украшеній.* Плотникъ, столяръ и машинистъ употребляютъ также сіи формы и должны хорошо ихъ понимать.

Наипростѣйшее изъ таковыхъ соединеній есть *полочка,* составленная изъ двухъ одна къ другой весьма близкихъ параллельныхъ линій, оканчивающихся у одного конца перпендикуляромъ. Въ фиг. 38 изображена одна полочка AB, а многія и рядами въ фиг. 39, представляющей капитель Дорическаго Ордена, называемаго также *Пестумскимъ*, потому что въ городѣ Пестумѣ нашли

Digitized by Google

храмъ, окруженный превосходными колоннами сего ордена.

Полочку обыкновенно соединяютъ съ строеніемъ, помощію четверти круга BC (фиг. 38), касающагося оной въ точкѣ B, а въ точкѣ C къ вертикальной стѣнѣ, пилястрѣ или колоннѣ, которыхъ хотятъ начертать профиль.

Надъ полочкою обыкновенно бываетъ выдающійся полукругъ, именуемый *валикомъ* (фиг. 38).

Также употребляютъ отдѣльно выпуклую четверть круга AmB, называемую *четвертью вала* (фиг. 40), и впалую четверть окружности AmB (фиг. 41).

Двѣ четверти круга AMB и BND (фиг. 42) одного радіуса, коихъ центры O и P, находятся на одной вертикальной линіи, образуютъ *каблукъ*.

Но двѣ четверти AMB и BND (фиг. 43), также одного радіуса, коихъ центры O и P находятся на одной горизонтальной линіи, производятъ *Гусекъ*.

Таковы суть простыя начала, на которыхъ Архитекторы основали превосходное разнообразіе карнизовъ, фризовъ, базъ и ка-

Digitized by Google

пителей, встрѣчающіяся и въ древнихъ и въ новѣйшихъ зданіяхъ. Не должно думать, что соединеніе сихъ формъ совершенно произвольно и можетъ быть слѣдствіемъ случая, или не обдуманнаго своенравія и порывистаго воображенія. Искуство профилированія зданій и различныхъ частей ихъ обязано своимъ совершенствомъ вѣрнымъ наблюденіямъ правилъ простоты, разнообразія и противоположности. Вмѣсто того, чтобъ слишкомъ разбросать украшенія, должно соединять ихъ въ массы, которыя глазъ легко бы обнять могъ и которыя раздѣлены совершенно равными между собою и довольно большими пространствами. Въ каждомъ соединеніи украшеній, легчайшія должно противополагать тяжелымъ, и формы прямыя формамъ круглымъ такъ, чтобъ каждая изъ нихъ выказывала одна другую. Таковы суть главныя правила сей части искуства украшенія зданій: правила, которыя знаменитые Зодчіи Греціи и Италіи не только открыли но и приложили къ практикѣ; ибо ихъ находятъ употребленными съ искуствомъ въ прекрасныхъ памятникахъ древняго Египта, въ готическихъ зданіяхъ среднихъ вѣковъ; въ храмахъ и двор-

Digitized by Google

цахъ воздвигнутыхъ въ Испаніи Маврами, у которыхъ, во время владычества ихъ сею страною, процвѣтали науки и художества, тогда какъ въ остальной части Европы онѣ совершенно изчезли.

Приложеніе Геометріи, которое гораздо важнѣе наружнаго украшенія, состоитъ въ томъ, чтобы обдумать и начертать самое зданіе. Почти всѣ формы, употребляемыя Архитекторами, состоятъ изъ прямой линіи и круга. Въ нѣкоторыхъ весьма рѣдкихъ случаяхъ, можетъ встрѣтиться надобность въ болѣе сложныхъ формахъ; тогда составляютъ ихъ изъ нѣсколькихъ частей круга, какъ видно было при низменныхъ сводахъ.

Если Архитекторъ строитъ какія либо зданія въ пространствѣ свободномъ и по своему произволу, то будетъ непростительно, если онъ не употребитъ правильныхъ формъ, которыя простотою, однообразностью и симметріею привлекутъ вниманіе глаза и будутъ свидѣтельствовать о просвѣщеніи и изящности вкуса, человѣка ихъ созидавшаго.

Формы обыкновенно употребляемыя суть прямоугольники или квадраты, поелику сіи фигуры весьма легко раздѣлять на подобныя

Digitized by Google

же фигуры, необходимыя для внутренняго расположенія. Формы сіи имѣютъ тотъ только недостатокъ, что не согласуются съ внутренностію, когда она должна быть круглаго вида, отъ чего происходитъ потеря въ пространствѣ и остаются неправильной фигуры углы, которы должно скрывать отъ глазъ. Впрочемъ употребляютъ и сіи углы, помѣщаю 'я тамъ скрытыя лѣстницы, или кладовыя, которыя не должны быть на виду.

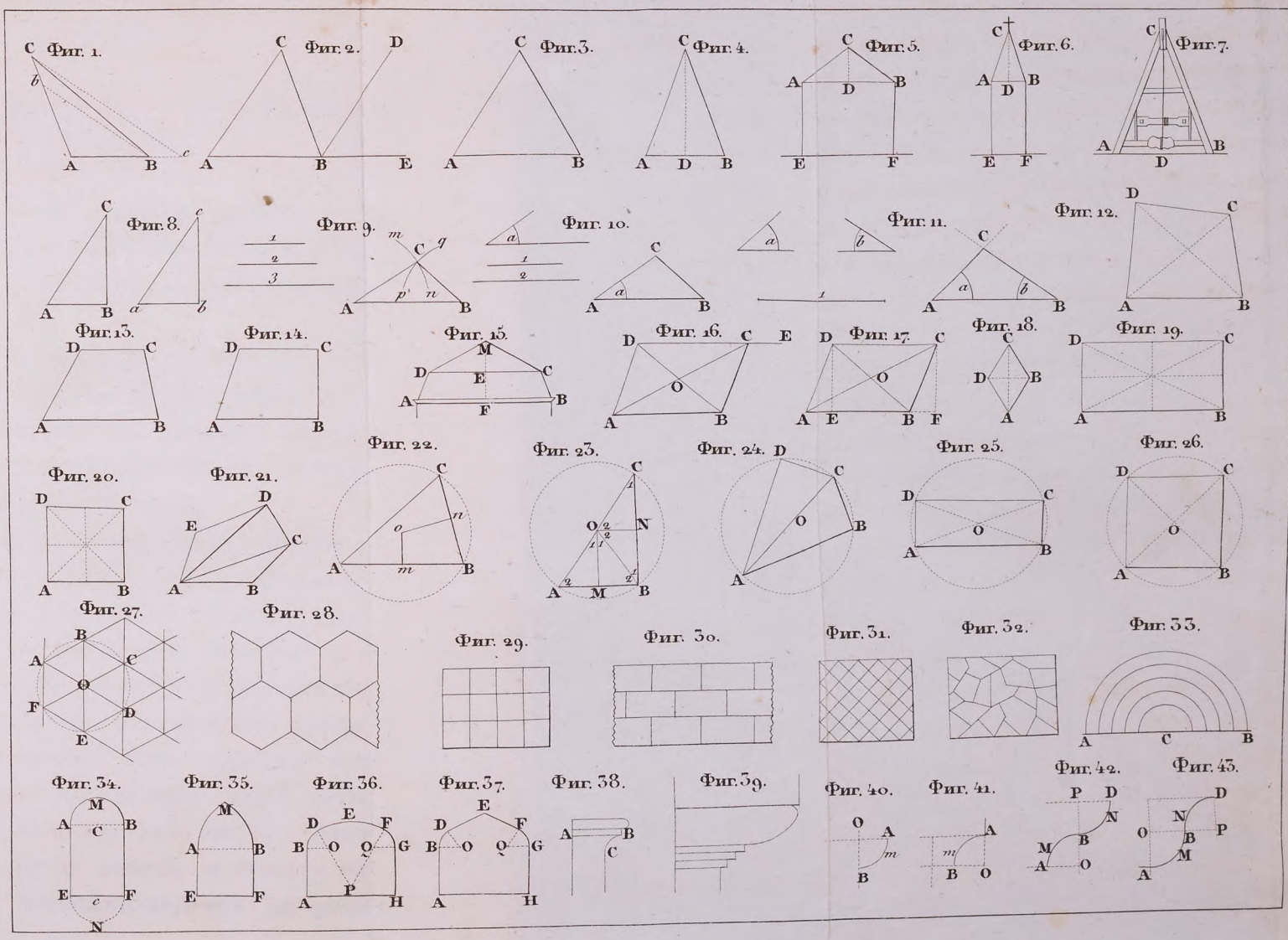
Въ городахъ, гдѣ мѣста для домовъ дороги, Архитектору надлежитъ пользоваться малымъ количествомъ земли; но и тогда онъ долженъ возводить комнаты сколь возможно правильнѣе, въ домѣ часто весьма неправильномъ; все это зависитъ отъ упражненія, подобно какъ и навыкъ соединять различныя Геометрическія фигуры можетъ служить художникамъ для нахожденія щастливыхъ сочетаній.

Иные Архитекторы воображаютъ, что можно образовать весьма искусныхъ учениковъ, заставляя ихъ дѣлать проэкты такихъ зданій, которыя стоятъ милліоновъ и созидаются легко только въ областяхъ воображенія. Такимъ образомъ они сообщаютъ

Digitized by Google

воспитанникамъ своимъ вкусъ къ смѣшной роскоши и даютъ имъ понятія о расходахъ, которые, нѣкогда, будутъ дорого стоить ихъ соотечественникомъ! Гораздо бы лучше было упражнять изобрѣтательный разумъ молодыхъ людей, въ сочиненіи плановъ зданій, соотвѣтствующихъ всякой неправильности формъ, которыя могутъ встрѣтиться въ срединѣ городовъ, гдѣ домы находятся одинъ къ другому весьма близко.

Digitized by Google


Фиг. 1.
Фиг. 2.
Фиг. 3.
Фиг. 4.
Фиг. 5.
Фиг. 6.
Фиг. 7.
Фиг. 8.
Фиг. 9.
Фиг. 10.
Фиг. 11.
Фиг. 12.
Фиг. 13.
Фиг. 14.
Фиг. 15.
Фиг. 16.
Фиг. 17.
Фиг. 18.
Фиг. 19.
Фиг. 20.
Фиг. 21.
Фиг. 22.
Фиг. 23.
Фиг. 24.
Фиг. 25.
Фиг. 26.
Фиг. 27.
Фиг. 28.
Фиг. 29.
Фиг. 30.
Фиг. 31.
Фиг. 32.
Фиг. 33.
Фиг. 34.
Фиг. 35.
Фиг. 36.
Фиг. 37.
Фиг. 38.
Фиг. 39.
Фиг. 40.
Фиг. 41.
Фиг. 42.
Фиг. 43.

Digitized by Google

ГЛАВА ПЯТАЯ.

О равенствѣ, симметріи и пропорціональности фигуръ.

Если обводы двухъ фигуръ, наложенныхъ одна на другую, совмѣщаются по всему ихъ протяженію, то таковыя фигуры называются *равными*.

Геометрія доставляетъ искуствамъ различные способы дѣлать фигуры равныя другимъ фигурамъ. Задача сія, имѣющая большое употребленіе въ промышленности, составляетъ важный предметъ оной.

Такимъ образомъ, если граверъ, ваятель, скульпторъ, формовщикъ и проч. предпринимаютъ какую нибудь работу, то они должны дѣлать формы или модели имѣющія размѣренія совершенно равныя размѣреніямъ того предмета, который они желаютъ изобразить. Мы уже видѣли (глава первая), что помощію равныхъ параллельныхъ линій легко можно построить какую либо фигуру, совершенно равную другой данной, и такимъ образомъ, чтобы соотвѣтствующія стороны

Digitized by Google

сихъ двухъ фигуръ были параллельны между собою; но отъ способа сего могутъ произойти погрѣшности, которыя будутъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ проводимыя параллельныя линіи длиннѣе и чѣмъ разстояніе ихъ между собою болѣе. Къ причинамъ таковыхъ погрѣшностей должно присовокупить большее или меньшее несовершенство употребляемыхъ при измѣреніи линеекъ, циркулей, веревокъ, болѣе или менѣе тонкую очинку карандаша, пера и проч.

Въ многихъ случаяхъ тѣ же самыя средства, которыя служатъ Геометру для удостовѣренія, что двѣ фигуры совершенно равны между собою, могутъ также служить и художнику для произведенія фигуръ равныхъ между собою. Я хочу говорить о способѣ, состоящемъ въ наложеніи двухъ фигуръ одной на другую и въ наблюденіи по томъ, будутъ ли въ какихъ нибудь точкахъ части одной фигуры переходить за части другой.

Положимъ, что должно сдѣлать фигуру ABCD .... (фиг. 1) на какой нибудь плоскости MNPQ, на примѣръ на разтянутой какой нибудь ткани, развернутомъ металлическомъ листѣ и проч. Для сего положимъ

Digitized by Google

фигуру на сію плоскость такъ чтобы она находилась въ abcdfga, на плоскости MNPQ (фиг. 1, bis); потомъ по сторонамъ ab, bc, cd...., обрѣжемъ MNPQ, отъ сего безъ сомнѣнія мы получимъ abcd.... равную фигурѣ ABCD....

Часто, вмѣсто того чтобы непосредственно вырѣзывать вторую фигуру, по краямъ первой очерчиваютъ карандашемъ или мѣломъ, или чернилами и проч. обводъ abcd...; по томъ снимаютъ сію первую фигуру прочь, и уже гораздо удобнѣе вырѣзываютъ вторую.

Таковъ способъ, употребляемый портными, каменотесцами, мѣдниками, корабельными мастерами и многихъ другихъ ремеслъ рабочими, для полученія фигуръ равныхъ данной модели или образцу.

Припорохъ. Когда первая фигура не вырѣзана изъ плоскости ее содержащей, тогда показанной теперь способъ не употребляютъ, и если фигура образца не очень важна, то наложивъ оную на MNPQ, прокалываютъ всѣ точки a, b, c, d...., которыя послѣ и соединяютъ прямыми линіями. Часто весь узоръ или всю фигуру, которую изобразить

Digitized by Google

должно, прокалываютъ во всѣхъ ея линіяхъ и изколотый такимъ образомъ узоръ именуютъ *припорохомъ;* чтобы послѣ того снять таковой узоръ на какую нибудь плоскость, ударяютъ по немъ слегка *паузою* *) положивъ на приготовленную плоскость MNPQ и порошокъ угля тотчасъ означаетъ на ней фигуру равную фигурѣ *a*bcd .... Дѣйствіе сіе называется *припорашиваніемъ.* Мелкія части угля, проходя чрезъ каждое отверстіе рисунка на плоскость производятъ вѣрное очерчаніе сей фигуры. Промышленность нашла другой способъ, который позволяетъ, и не портя модели, получать точную копію оной.

Прозрачная бумага. Чтобы не прокалывать рисунокъ или узоръ, то на оный накладываютъ напитанный масломъ или воскомъ листъ бумаги, а по томъ карандашемъ, кистью, перомъ, и проч. назначаютъ на семъ листѣ видимый на сквозь обводъ и получаютъ узоръ совершенно равный первому узору, способъ сей весьма часто употребляютъ

*) Лоскутокъ холста, въ срединѣ наполненный мѣлко толченымъ углемъ и завязанный ниткою.

Digitized by Google

Инженеры, Свитскіе Офицеры, Землемѣры, и проч. для снятія картъ, рисунковъ машинъ и проч.

Симметрія или соотвѣтственность фигуръ. Двѣ фигуры *a*bcd .... и *a*'b'c'd' .... (фиг. 1) будутъ симметрическія, если ихъ соотвѣтствующія точки *a* и *a*', b и b' с и с' и проч. находятся на параллельныхъ перпендикулярахъ проведенныхъ къ разсѣкающей ихъ по поламъ линіи MN. Если четыреугольникъ MNPQ перегнуть на MNP'Q', то очевидно, что *a* упадетъ на *a*', b на b', и т. д. Такимъ образомъ если фигура *a*bcd .... можетъ отпечататься на MNP'Q', то она изобразитъ на ней фигуру *a*'b'c'd' .... которая была бы съ нею въ симметріи. Итакъ помощію *параллельныхъ и одной къ нимъ по срединѣ перпендикулярной линіи можно сдѣлать всегда фигуру* *a*'b'c'd' .... *симметрическую съ другою фигурою* *a*bcd ....

Образованіе фигуръ равныхъ или симметрическихъ, въ гравировкѣ, печатаніи, литографіи и проч. Искуства сіи имѣютъ предметомъ своимъ образованіе на плоскости дерева, металла, камня, или какого другаго вещества, такихъ фигуръ, съ которыхъ можно

Digitized by Google

было бы получить отпечатки на другихъ плоскостяхъ. При семъ должно замѣтить, что отпечатанная фигура бываетъ всегда въ обратномъ положеніи относительно къ фигурѣ начерченной на доскѣ; ибо правая сторона отпечатывается на лѣвой, а лѣвая на правой. Итакъ, если хотимъ чтобы печатаемыя слова были въ настоящемъ ихъ положеніи, то на доскѣ надобно писать ихъ обратно (фиг. 1, bis). Вотъ почему типографскія вырѣзываются въ обратномъ положеніи, и ставятся отъ правой руки къ лѣвой, дабы переходя на бумагу, они находились на оной въ надлежащемъ положеніи и шли отъ лѣвой стороны къ правой. Такимъ образомъ простой натискъ производитъ, не только равныя но и симметрическія копіи.

Произведеніе равныхъ фигуръ помощію матрицъ. Сочиняютъ, рисуютъ и вырѣзываютъ сперва пунсоны или стемпели, которыми и дѣлаютъ оттиски на доскахъ, а потомъ сими досками отпечатываютъ уже письмена, ноты, рисунки и проч. Въ первыхъ оттискахъ или матрицахъ предметы перемѣняютъ положеніе свое и лѣвая сторона оныхъ выходитъ правою, а во вторыхъ или

Digitized by Google

настоящихъ отпечаткахъ они снова переходятъ въ надлежащее положеніе. По сему предметы, изображенные въ первоначальномъ стемпелѣ или пунсонѣ выходятъ совершенно одинаково какъ на стемпелѣ или пунсонѣ, такъ въ отпечаткѣ съ матрицы. Основываясь на семъ правилѣ, для типографскихъ буквъ вырѣзываютъ сперва въ обратномъ видѣ пунсоны, которыми и пробиваютъ матрицы, вставляемыя въ формы для отливанія упомянутыхъ буквъ: отъ сего буквы на матрицахъ выходятъ въ настоящемъ видѣ, а отлитыя въ нихъ въ обратномъ, отпечатываемыя же наконецъ послѣдними въ настоящемъ видѣ. При гравировкѣ и литографованіи изображаютъ предметы сперва въ настоящемъ ихъ положеніи на прозрачной бумагѣ, а потомъ переводятъ ихъ на мѣдную доску или на камень въ обратномъ положеніи; отъ сего рисунки оттискиваемые досками и камнями на бумагѣ снова дѣлаются такими, какими первоначально изображены были на прозрачной бумагѣ.

Теперь поищемъ въ Геометріи другихъ средствъ, помощію которыхъ можно было бы дѣлать фигуры равныя другимъ фигурамъ.

Digitized by Google

Положимъ что фигура ABCDEFGA (фиг. 1), составлена изъ какого угодно числа сторонъ. Если отъ вершины A сего правильнаго или неправильнаго многоугольника проведемъ ко всѣмъ прочимъ вершинамъ прямыя линіи, то оный многоугольникъ раздѣлится на трехугольники; а какъ весьма легко построить трехугольникъ равный другому, то дѣлая постепенно трехугольники *a*bc (фиг. 1, bis) равный ABC, *a*cd равный ACD, *a*de равный ADE, и поступая такимъ образомъ далѣе, получимъ полную фигуру *a*bcdef*g*a равную ABCDEFGA.

Можно изобразить такимъ образомъ всю фигуру ABCDEFGA, употребляя циркуль для измѣренія сторонъ и транспортиръ для измѣренія угловъ. Для сего проводятъ прямую линію *a*b (фиг. 1, bis) равную AB, потомъ къ точкѣ B прикладываютъ центръ транспортира, наблюдая чтобы діаметръ онаго былъ на линіи AB и замѣчаютъ тщательно число градусовъ и подраздѣленій ихъ, содержащихся въ углѣ ABC. Переносятъ транспортиръ въ точку b, фигуры которую построить должно и отщитываютъ измѣренное число градусовъ. Пусть m будетъ то-

Digitized by Google

чка, соотвѣтствующая сему числу градусовъ на обводѣ транспортира; замѣтивъ ее на бумагѣ остреемъ циркуля и проведя прямую линію bmc, равную линіи BC, получаютъ вторую сторону новой фигуры. Далѣе, приложивъ транспортиръ къ точкѣ C, измѣряютъ уголъ BCD и наносятъ его въ bcd, итакъ далѣе до конца. Если во время сего дѣйствія соблюдена была точность, то сторона *ga* должна упасть въ первую точку *a* и быть съ линіею GA одинаковой длины. Но когда число сторонъ многоугольника довольно значительно, то достигнуть сего почти не возможно, малѣйшая ошибка въ одномъ углѣ простирается и на всѣ прочіе, потому что направленіе каждой стороны опредѣляется по направленію предыдущей. Наконецъ, погрѣшность въ длинѣ одной стороны увеличиваетъ или уменьшаетъ фигуру, ибо всѣ стороны оной будутъ итти внѣ или внутри, хотя въ направленіи параллельномъ сторонамъ первой фигуры.

Я представилъ способъ сей для показанія, что нѣкоторыя средства весьма точныя въ теоріи могутъ быть причиною погрѣшностей въ практикѣ. Удачнымъ выборомъ способа

Digitized by Google

можно соединить простоту дѣйствій съ ихъ точностію.

Поищемъ другихъ средствъ для построенія фигуры равной другой данной фигурѣ.

Если будемъ постепенно строить трехугольники *a*bc, *a*cd .... (фиг. 1, bis) и заниматься только отдѣльнымъ сравненіемъ оныхъ съ равными имъ трехугольниками, то трудно избѣжать значительныхъ погрѣшностей. Въ самомъ дѣлѣ, погрѣшности дѣлаемыя въ каждомъ углѣ, здѣсь умножаются тѣмъ болѣе, чѣмъ болѣе число угловъ. По сему можетъ случиться, что цѣлый уголъ b*a*g будетъ значительно различаться отъ BAG, хотя каждый изъ частныхъ угловъ b*a*c, c*a*d .... которые онъ въ себѣ вмѣщаетъ, очень мало разнятся отъ соотвѣтствующихъ имъ угловъ.

Для повѣрки сего равенства Геометрія предлагаетъ намъ слѣдующія средства:

1. Употребленіе параллельныхъ линій; поелику два угла заключающіеся между параллельными сторонами равны между собою.

2. Отмѣриваніе циркулемъ AB равной *a*b, AG равной *a*g и BC равной bc.

Digitized by Google

3. Проведеніе третьихъ сторонъ BG и bg въ двухъ трехугольникахъ ABG и *a*bg и разсмотрѣніе, будетъ ли точка A въ такомъ точно разстояніи отъ BG, какъ и *a* отъ bg; то есть будетъ ли перпендикуляръ AZ, опущенный изъ A на BG, равенъ перпендикуляру *a*z, опущенному изъ *a* на bg.

Окончивъ повѣрку угловъ BAG и b*a*g, надобно провести линіи AC, *a*c; AD, *a*d.... для отдѣленія въ оныхъ углахъ равныхъ частныхъ угловъ; потомъ отложить линіи *a*c равную AC, *a*d равную AD, *a*e равную AE, и провести стороны bc, cd, de, ef....; тогда вторая фигура будетъ сдѣлана равною первой.

Сіе окончательное дѣйствіе черченія повѣряютъ снова; или *циркулемъ*, замѣчая будетъ ли CD равна cd, DE равна de...., или *транспортиромъ*, наблюдая, будетъ ли уголъ BCD равенъ bcd, и проч. Если откроютъ какую либо невѣрность, то перечерчиваютъ фигуру снова, дабы узнать въ какомъ мѣстѣ сдѣлана ошибка и чтобы послѣ исправить оную.

Способъ квадратовъ. Художники, для полученія фигуры равной другой фигурѣ, весьма

Digitized by Google

часто употребляютъ способъ квадратовъ (фиг. 2).

Для сего данную фигуру раздѣляютъ на квадраты, двумя рядами параллельныхъ линій; но дабы квадраты сіи удобнѣе можно было различать то перенумериваютъ каждую точку дѣленія на всѣхъ четырехъ сторонахъ. Подобнымъ же образомъ разчерчиваютъ и плоскость, на которой надлежитъ сдѣлать фигуру равную первой *). Окончивъ сіе, замѣчаютъ главнѣйшія точки въ каждомъ квадратѣ.

Для сего разсматриваютъ каждую вертикальную полосу отдѣльно, начиная съ первой OI, OI, въ которой ничего не имѣется. Въ другой полосѣ I . II, I . II видна одна только вершина A, находящаяся на линіи 4, 4;

*) Въ большихъ топографическихъ съёмкахъ, Инженеры и Землемѣры ту мѣстность, которой имъ нужно сдѣлать планъ, также разбиваютъ на *квадраты*; потомъ каждый человѣкъ снимаетъ землю отдѣльно въ квадратахъ означенныхъ двумя линіями 1, 2, 3 . . . . и I, II, III . . . . , а чтобы получить полный планъ мѣстности, то квадраты сіи сторонами своими по порядку одинъ къ другому приставляются.

Digitized by Google

чтобы назначить ее на данной плоскости, берутъ разстояніемъ циркуля разстояніе сей точки до линіи I.I; отложивъ его въ той же полосѣ и на той же линіи другой фигуры, получится точка *a*. Въ третьей полосѣ примѣчается точка B въ квадратѣ II. III. 6. 7; измѣривъ разстояніе оной до линіи II. II и 6. 6, наносятъ сіи разстоянія на другую фигуру, и получаютъ на ней соотвѣтствующую точку b. Поступая подобнымъ образомъ, опредѣляютъ и всѣ прочія вершины c, d, e...., которыя соединивъ прямыми линіями, получаютъ многоугольникъ *a*bcde.... *a*, равный ABCDE.... A.

Въ способѣ теперь показанномъ, какъ видно, находится три источника къ несовершенству произходящему отъ погрѣшностей: 1) въ параллельности, или равенствѣ разстояній линій образующихъ квадраты; 2) въ самомъ черченіи каждой линіи, относительно ея прямости и толстоты, и проч., 3) въ измѣреніи длины разстояній для каждой точки. Теперь легко представить можно, сколь безчисленны могутъ быть погрѣшности, произходящія отъ одного только исполненія наипростѣйшихъ средствъ, и сколько ремеслен-

Digitized by Google

никъ долженъ имѣть практическаго искуства, старанія, терпѣнія и здраваго разсудка, дабы умѣть избѣжать сихъ погрѣшностей, или открыть ихъ, и достигнуть той степени точности, которая отличаетъ усовершенствованныя уже ремесла. Послѣ сего никто не удивится, что предоставлено было вѣкамъ довести до совершенства устройство машинъ, коихъ основанія давно извѣстны и формы хорошо опредѣлены, но которыхъ успѣхъ зависитъ отъ чрезвычайной точности различныхъ частей ихъ. Вотъ почему тѣмъ народомъ, у которыхъ требующія точности ремесла еще не находятся въ надлежащей степени совершенства, столь трудно сравниться съ произведеніями болѣе просвѣщенныхъ народовъ; сіи послѣдніе сами безпрестанно находятъ средства къ уменьшенію недостатковъ своихъ произведеній и къ улучшенію оныхъ. Одно только разсудительное приложеніе теоріи къ практикѣ можетъ не только поставить ихъ на равнѣ съ народами, стоящими на первой степени просвѣщенія, но даже возвести еще выше. Таковъ есть предметъ нашего ученія.

Digitized by Google

Пропорціональныя фигуры. Для промышленности недостаточно умѣть дѣлать фигуры равныя или симметрическія другимъ фигурамъ, она часто имѣетъ надобность производить фигуры совершенно подобныя другимъ, но нѣсколько ихъ большія, или меньшія. Геометрія подаетъ намъ къ тому способы *теоріею пропорціональныхъ линій и подобіемъ трехугольниковъ.*

Положимъ, что линія AB (фиг. 3) раздѣлена на равныя части AB, BC, CD, DE...., и что отъ каждой изъ точекъ дѣленія проведены, по какому нибудь направленію, параллельныя линіи A*a*, Bb, Cc, Dd, Ee.... то разстояніе сихъ параллельныхъ линій будетъ вездѣ одинаково. Въ самомъ дѣлѣ, если проведемъ линіи A1, B2, C3, D4...., перпендикулярныя къ параллельнымъ линіямъ, то получимъ рядъ равныхъ трехугольниковъ AB1, BC2, CD3....; ибо всѣ соотвѣтствующіе углы сихъ трехугольниковъ равны между собою и притомъ они имѣютъ по одной равной сторонѣ то есть: AB равна BC равна CD равна DE.... слѣдовательно перпендикуляры A1, B2, C3, D4...., которые составляютъ сходственныя стороны трех-

Digitized by Google

угольниковъ и вмѣстѣ измѣряютъ разстояніе каждыхъ послѣдующихъ двухъ параллельныхъ линій, суть также равны между собою.

Проведемъ теперь линію mnopqr, въ другомъ направленіи нежели AF; то говорю, что части mn, op, pq и qr, также будутъ равны между собою.

Для доказательства сего опустимъ на параллельныя линіи перпендикуляры m1, n2, o3, p4 . . . ., которые будутъ равны между собою, потому что измѣряютъ разстояніе равноотстоящихъ параллельныхъ линій. Трехугольники mn1, no2, op3, имѣющіе стороны сіи параллельными, слѣдовательно всѣ углы равные, будутъ равны между собою, то соотвѣтствующія стороны оныхъ mn, no, op . . . ., суть также равны между собою.

Итакъ если какая нибудь наклонная линія AF *(фиг. 3) раздѣлена на равныя части рядомъ параллельныхъ линій Aa,* Bb, Cc, Dd . . . ., *то сіи параллельныя линіи раздѣлятъ всякую другую прямую ихъ пересѣкающую линію* mr, *также на части равныя.*

Digitized by Google

Свойство сіе употребляютъ для раздѣленія данной прямой линіи на произвольное число равныхъ частей.

Положимъ, напримѣръ, что требуется раздѣлить линію AF (фиг. 4) на пять равныхъ частей. Для сего изъ точки A, какъ ни есть, проведи другую прямую AX, на которой произвольнымъ раствореніемъ циркуля отъ точки A, отложи пять равныхъ линій A1, 1.2, 2.3, 3.4, 4.5. Потомъ точки 5 и F, соедини прямою линіею F5, а изъ точекъ 1, 2, 3 и 4, проведи линіи B1, C2, D3, E4, параллельныя линіи F5. Я говорю, что AF будетъ раздѣлена на 5 равныхъ частей, поелику пять частей сей прямой линіи находятся между параллельными одна отъ другой равно отстоящими линіями.

Вотъ средство, которое обыкновенно употребляютъ для раздѣленія *масштабовъ*, служащихъ къ черченію различныхъ плановъ.

Раздѣленіе масштаба составляетъ весьма важный предметъ для искуствъ, ибо отъ сего зависитъ большая или меньшая точность чертежей, для которыхъ масштабъ сей былъ сдѣланъ. Если нѣкоторыя части масштаба хотя и точнаго, будутъ невѣрны, то тѣ

Digitized by Google

части чертежа, гдѣ они положены какъ мѣры, будутъ также невѣрны; и та же погрѣшность можетъ повторяться нѣсколько разъ; она можетъ быть въ свою очередь основаніемъ новыхъ и еще важнѣйшихъ погрѣшностей. Но чтобъ достигнуть точнѣйшихъ раздѣленій масштаба, то раздѣленія A1, 1.2, 2.3, 3.4...., не должны быть менѣе AB, BC, CD, DE...., проведя вѣрнѣйшимъ образомъ прямую AX, должно на оной класть остроконечія циркуля какъ можно точнѣе, а точки сдѣланныя оными должны занимать сколь возможно меньшія пространства, дабы тѣмъ болѣе уменьшить погрѣшность; наконецъ при проведеніи параллельныхъ линій, тщательно наблюдать должно, чтобъ средина линій, означаемыхъ карандашемъ или перомъ, проходили чрезъ самыя точки дѣленія и чтобы повсюду рачительно соблюдена была параллельность оныхъ. Одно только соединеніе сихъ условій можетъ увѣрить въ успѣхѣ нашихъ дѣйствій.

Дабы увѣриться что части AB, BC, CD.... дѣйствительно равны, между со-

Digitized by Google

бою то дѣленіе линій AF (фиг. 4) повѣряютъ циркулемъ.

Мѣльчайшія раздѣленія масштаба. Часто нужно дѣлить единицу масштаба AM (фиг. 5) на части столь малыя, какія только возможно вѣрно назначить на маленькой линіи AM, и при томъ такъ чтобъ ихъ удобно различать было можно. Для сего проводятъ равноотстоящія параллельныя прямыя линіи Mm, Nn, Oo и проч., двѣ перпендикулярныя MF и Af и одну наклонную AF. Тогда длины Bb, Cc, Dd, Ee...., будутъ одна въ разсужденіи другой точно такъ какъ 1, 2, 3, 4.... Онѣ изображаютъ столько равныхъ дѣленій линіи MA, сколько между параллельными линіями находится равныхъ пространствъ Mm, Nn, Oo и проч. Напримѣръ положимъ, что AM представляетъ одну сажень, то проведя десять равноотстоящихъ линій параллельно линіи AM, части Bb, Cc, Dd, Ee...., будутъ изображать 1, 2, 3, 4, 5.... десятыхъ частей сажени. На масштабѣ такимъ образомъ устроенномъ, вмѣсто того чтобы брать мѣры съ одной и той же линіи AM, которая отъ того скоро исколется, берутъ оныя смотря

Digitized by Google

по измѣненію числъ съ линій Nn, Oo, Pp...., отъ сего много сберегается масштабъ, что для рисованія весьма драгоцѣнно.

Повѣрка чертежей машинъ или произведеній промышленности. Когда нужно повѣрить чертежъ машины или чего другаго начерченнаго по какому либо масштабу, то прежде всего должно повѣрить тотъ масштабъ который употребленъ былъ для начертанія онаго чертежа. Если масштабъ не вѣренъ, то чертежъ уже никакъ не возможно исправить; а когда вѣренъ, то рисунокъ можетъ имѣть другаго рода погрѣшности, которыя также должно отыскать.

Возвратимся къ дѣленію прямыхъ линій помощію параллельныхъ. Положимъ что AF (фиг. 3) разсѣчена параллельными не равно между собою отстоящими линіями Am, Bn и Fr, то части AB и BF, взятыя между сими параллельными линіями, не будутъ уже равны между собою. То же самое будетъ и для частей mn, nr, всякой другой прямой mr, разсѣкающей сіи параллельныя линіи.

Но если BF больше AB, то и nr будетъ также больше mn, и линія nr столько разъ

Digitized by Google

будетъ содержать въ себѣ mn, сколько разъ BF содержитъ въ себѣ AB.

Если напримѣръ BF содержитъ въ себѣ четыре раза линію AB, то раздѣливъ BF на четыре равныя части BC, CD, DE, EF и проведя параллельныя линіи Co, Dp и Eq, раздѣлимъ линію nr на столько же частей no, op, pq и qr равныхъ mn, сколько находится частей BC, CD, DE, EF равныхъ AB. Итакъ BF столько разъ содержитъ линію AB, сколько разъ nr содержитъ въ себѣ mn.

Сіе равенство числа разъ содержанія AB въ BF; и mn въ nr означаютъ слѣдующимъ образомъ:

BF раздѣленная на AB равна nr раздѣленной на mn.

$$\frac{BF}{AB} = \frac{nr}{mn}$$

или BF относится къ AB такъ какъ nr относится къ mn.

или BF : AB : : nr : mn.

Вотъ что называютъ геометрическою пропорціею, которая всегда составляется изъ двухъ равныхъ отношеній $\frac{BF}{AB}$ и $\frac{nr}{mn}$. Такимъ образомъ геометрическое отношеніе

Digitized by Google

двухъ количествъ равно первому количеству раздѣленному на второе; обратное отношеніе оныхъ будетъ тогда, если второе раздѣлимъ на первое.

Пропорція BF : AB : : nr : mn, имѣетъ четыре члена, изъ коихъ первый и послѣдній называются *крайними*, а второй и третій *средними*.

Главное свойство пропорцій:

Произведеніе двухъ крайнихъ членовъ всегда равно произведенію двухъ среднихъ членовъ.

Чтобы доказать сіе, замѣтимъ, что въ пропорціи BF : AB : : nr : mn, $\frac{BF}{AB}$ и $\frac{nr}{mn}$ равны между собою, если сіи оба отношенія умножу вмѣстѣ на AB и mn, то произведенія будутъ равны. Но BF раздѣленное на AB и умноженное на AB и mn, есть просто BF умноженное на mn, что и составляетъ *произведеніе крайнихъ членовъ*. Также nr раздѣленное на mn и умноженное на AB и mn есть также ни что иное какъ nr умноженное на AB, что составляетъ *произведеніе среднихъ членовъ*. Итакъ произведеніе крайнихъ членовъ равно произведенію среднихъ членовъ.

Digitized by Google

Употребленіе геометрическихъ пропорцій въ Геометріи и Ариѳметикѣ безконечно, равно какъ и приложеніе оныхъ къ другимъ наукамъ, въ торговлѣ, въ произведеніяхъ промышленности, и проч.

Вотъ какимъ образомъ Ариѳметика выражаетъ числами Геометрическія пропорціи:

Положимъ что фигура 3 сдѣлана по масштабу; то каждый членъ пропорціи BF : AB : : nr : mn, можно представить числомъ изображающимъ сколько разъ каждая часть оной содержитъ въ себѣ единицъ масштаба.

Если напримѣръ BF=30, AB=5, nr=24, mn=4 то будемъ имѣть двѣ однозначущія пропорціи

BF : AB : : nr : mn.

или 30 : 5 : : 24 : 4.

Такимъ образомъ, можно представлять отношенія и пропорціи линій, отношеніями и пропорціями числъ, и обратно.

Если раздѣлимъ 30 на 5, то частное будетъ представлять величину перваго отношенія, и равное 6, а раздѣливши 24 на 4 получимъ частное, изображающее втораго отношенія, которое также равно 6, но два отношенія будучи между собою равны сос-

Digitized by Google

тавляютъ пропорцію. Теперь если раздѣлимъ 5 на 30, то получимъ частное *одну шестую*, а раздѣливши 4 на 24, частное будетъ также *одна шестая*; итакъ когда два отношенія равны, то и обратныя оныхъ будутъ также равны.

Пропорція 30 : 5 : : 24 : 4, даетъ въ одно время

$$\frac{30}{5} = \frac{24}{4} \text{ и } \frac{5}{30} = \frac{4}{24}.$$

Если умножить на 24 оба члена равенства $\frac{5}{30} = \frac{4}{24}$, будемъ имѣть $\frac{5}{30} \times 24 = 4$.

Но 5 и 24 *суть среднія члены, а* 30 *и* 4 *крайніе; то слѣдуетъ что каждый изъ крайнихъ членовъ равенъ произведенію среднихъ членовъ раздѣленныхъ на остальной крайній членъ.*

Также можно доказать, *что каждый изъ среднихъ членовъ равенъ произведенію крайнихъ раздѣленныхъ на остальный средній членъ.*

Посему если изъ четырехъ членовъ пропорціи Геометрической, извѣстны *три* члена то по правилу выше показанному можно тотчасъ опредѣлить четвертый членъ, что составляетъ предметъ *тройнаго правила*, такимъ образомъ названнаго потому, что въ

Digitized by Google

ономъ по *тремъ* даннымъ членамъ пропорціи опредѣляется четвертый.

Тройное правило имѣетъ большое употребленіе въ исчисленіи доходовъ, въ торговлѣ и промышленности.

Геометрія также употребляетъ *тройное* правило. Если напримѣръ даны три линіи (A), (B) и (C) (фиг. 6), то весьма легко найти четвертую (D), такую чтобъ

(A) : (B) : : (C) : (D)

Для сего на произвольной прямой берутъ линію PR = (C), рядомъ съ нею другую OP = (A); чрезъ точку C въ какомъ ни есть направленіи проводятъ прямую линію OM, на которой отъ точки O откладываютъ длину OQ = (B); потомъ точки Q и P соединяютъ линіею PQ, а изъ точки R проводятъ линію RS параллельную линіи PQ, то QS будетъ искомая линія, ибо получимъ:

OP : OQ : : PR : QS

или (A) : (B) : : (C) : (D)

Когда средніе члены равны между собою, то длины линій или числа, которыя они изображаютъ называются *средними пропорціональными*. Такимъ образомъ въ пропорціи,

2 : 4 : : 4 : 8.

Digitized by Google

4, есть среднее пропорціональное число, между 2 и 8.

Въ Геометріи по даннымъ двумъ линіямъ также легко можно найти ихъ среднюю пропорціональную, что мы скоро и покажемъ.

Подобные трехугольники. Если сходственныя стороны двухъ трехугольниковъ ABC и *a*bc (фиг. 7) параллельны, то сіи стороны *пропорціональны* и трехугольники *подобны*. То есть

AB : *a*b : : BC : bc : : AC : *a*c.

Чтобы доказать сіе, то приставимъ трехугольникъ *a*bc, къ трехугольнику ABC, такимъ образомъ чтобы направленіе сторонъ его не измѣнялось и чтобы точка b находилась въ точкѣ A, потомъ продолжимъ стороны *a*c и BC до встрѣчи ихъ въ точкѣ m, тогда AC = cm, Cm = bc *) поелику онѣ суть параллельныя линіи находящіяся между параллельными же линіями.

Но такъ какъ AC и cm, Cm и bc параллельны, то будетъ

AB : *a*b : : cm = AC : *a*c

AB : *a*b : : BC : Cm = bc

*) Припомнимъ, что знакъ =, поставляется вмѣсто слова *равно*.

Digitized by Google

слѣдовательно AB : ab : : AC : ac : : BC : bc.

Если стороны двухъ трехугольниковъ ABC и abc (фиг. 8) находятся между собою въ такомъ положеніи, что AB перпендикулярна къ ab, BC къ bc и AC къ ac, тогда два сіи трехугольника *подобны*.

Въ самомъ дѣлѣ, если ничего не перемѣняя въ трехугольникѣ abc, повернемъ его около точки a на пространство прямаго угла, тогда ac находящаяся въ ac' будетъ параллельна AC; то же самое будетъ въ разсужденіи ab' и b'c'; итакъ стороны трехугольника ab'c' *параллельны* сторонамъ трехугольника ABC, то сіи два трехугольника подобны. Слѣдовательно также и трехугольникъ ABC подобенъ трехугольнику abc.

Когда стороны двухъ трехугольниковъ пропорціональны, то сходственныя ихъ углы равны, и самые трехугольники подобны.

Положимъ въ самомъ дѣлѣ (фиг. 7), что стороны двухъ трехугольниковъ имѣютъ слѣдующія отношенія:

AB : a'b' : : AC : a'c' : : BC : bc

Я воображаю другой трехугольникъ коего сторона ab = a'b', и три сходственныя

Digitized by Google

стороны онаго параллельны сторонамъ AB, BC и AC. Тогда будемъ имѣть

AB : ab : : AC : ac : : BC : bc. Слѣдовательно

$$a'c' = \frac{AC}{AB}.\ a'b' \ldots\ ac = \frac{AC}{AB}.\ ab \ldots$$

$$b'c' = \frac{BC}{AB}.\ a'b' \ldots\ bc = \frac{BC}{AB}.\ ab \ldots$$

Но если $a'b' = ab$, то должно быть чтобы $a'c'$ было равно ac и чтобы $b'c' = bc$.

Итакъ три стороны трехугольника abc равны тремъ сторонамъ трехугольника $a'b'c'$, то сіи трехугольники равны между собою: слѣдовательно и углы оныхъ также равны, то есть $a' = a = A$, $b' = b = B$, $c' = c = C$. Слѣдовательно *когда стороны двухъ трехугольниковъ пропорціональны, то углы противолежащіе симъ сторонамъ равны и сами трехугольники подобны.*

Когда двѣ стороны AB и AC, трехугольника ABC пропорціональны двумъ сторонамъ ab и ac трехугольника abc, и если уголъ $A = a$, то такіе два трехугольника подобны; ибо положивъ уголъ a на A будетъ пропорція AB : ab : : AC : ac, которая требуетъ чтобы BC была параллельна bc; слѣ-

Digitized by Google

довательно три стороны обоихъ трехугольниковъ параллельны.

Если изъ точки O (фиг. 6) проведемъ три линіи OPR, OQS и OTU, разсѣкающія параллельныя линіи PTQ и RUS, то по причинѣ подобія трехугольниковъ:

OPT и ORU будетъ OT : OU : : PT : RU
OQT и OSU — — — OT : OU : : QT : SU
наконецъ PT : RU : : QT : SU

то есть части PT, QT, RU *и* SU, *двухъ параллельныхъ линій, разсѣченныхъ тремя изъ одной точки исходящими прямыми линіями, суть пропорціональны. Обратное сему правило, также справедливо.*

Теперь мы можемъ разпространить кругъ нашихъ понятій и доказать, что *если двухъ какихъ ни есть многоугольниковъ сходственныя стороны параллельны и пропорціональны, то таковые многоугольники подобны.*

Пусть фигура ABCDEFGA и *a*bcdefg*a* (фиг. 9), имѣютъ сходственныя стороны пропорціональныя и параллельныя. Итакъ AB : *a*b : : BC : bc . . . . m : 1, а сходственные углы, будучи образованы двумя параллельными линіями равны между собою, слѣ-

Digitized by Google

довательно b = B. Проведемъ линіи AC и *a*c, то два трехугольника ABC и *a*bc будутъ подобны, поелику имѣютъ равные углы B и b, взятые между пропорціональными сторонами. Слѣдовательно AB : *a*b : : BC : bc : : AC : *a*c : : m : 1. Теперь если проведемъ AD и *a*d, то трехугольники ACD и *a*cd будутъ также подобны, поелику AC : *a*c : : CD : cd : : m : 1, и углы ACD и *a*cd равны между собою, какъ находящіеся между параллельными сторонами. Итакъ AD параллельна *a*d.

Продолжая далѣе подобныя разсужденія, разложимъ многоугольники на *подобные трехугольники.*

Изъ сего слѣдуетъ, что умѣя строить трехугольники подобные другимъ трехугольникамъ, можно мало по малу сострoить и многоугольники также подобные другимъ многоугольникамъ, какова бы впрочемъ фигура оныхъ ни была.

Пропорціональной циркуль (фиг. 10) есть инструментъ, который употребляется для облегченія пропорціональныхъ превращеній и во многихъ другихъ случаяхъ. Онъ состав-

Digitized by Google

ляется изъ двухъ равныхъ линеекъ съ равными раздѣленіями.

Для превращенія измѣреній фигуры въ пропорціональныя отношенію изъ данной линіи E къ другой данной линіи F, берутъ на сторонѣ AB длину AM = E; замѣчаютъ число раздѣленій соотвѣтствующее точкѣ M, также и точку N, гдѣ находится то же самое число на другой сторонѣ пропорціональнаго циркуля. Растворяютъ обыкновенный циркуль на длину линіи F, и ставятъ одну изъ ножекъ онаго въ точку M, потомъ раздвигаютъ или сдвигаютъ пропорціональный циркуль, пока другую ножку обыкновеннаго циркуля можно будетъ поставить въ точку N и слѣдовательно тогда разстояніе MN будетъ равно F. Очевидно что всѣ длины A1, A2, A3 .... на двухъ сторонахъ пропорціональнаго циркуля находящіяся, должны соотвѣтствовать разстояніямъ 1 . 1, 2 . 2, 3 . 3 ..., каковыя имѣютъ слѣдующіе пропорціи

E : F : : AM : MN : : AC : 1 . 1 : : A2 : 2 . 2 : : A3 : 3 . 3 ....

Можно обыкновеннымъ циркулемъ брать вдругъ длины 1 . 1, 2 . 2, 3 . 3 ...., соотвѣтствующія длинамъ A1, A2, A3 ....

Digitized by Google

Въ случаѣ когда не имѣется пропорціональнаго циркуля, то можно употреблять слѣдующее построеніе: (фиг. 11) проведи линію AB = E и изъ точки B какъ центра и разстояніемъ обыкновеннаго циркуля BC = F опиши дугу mCn, потомъ изъ точки A какъ центра а разстояніемъ циркуля AB опиши другую дугу BDC; точку C пересѣченія двухъ дугъ соедини съ точкою A линіею AC. Теперь если нужно будетъ какую нибудь длину Ag привести къ отношенію какъ E къ F, то изъ точки A какъ центра опиши дугу gkh; разстояніе точекъ g и h будетъ искомая длина, ибо

E : F : : AB : BC : : Ag : gh.

Способъ сей весьма удобенъ для превращенія большихъ измѣреній въ меньшія.

Правильные подобные многоугольники. *Правильные многоугольники одного числа сторонъ суть подобны.* Въ самомъ дѣлѣ, стороны каждаго изъ оныхъ будучи равны между собою очевидно будутъ пропорціональны; углы же сихъ многоугольниковъ, которые не зависятъ отъ длины сторонъ, но отъ числа ихъ, будутъ одни и тѣ же въ обоихъ многоугольникахъ.

Digitized by Google

Обводы правильныхъ многоугольниковъ, относятся какъ сходственныя ихъ стороны.

По мѣрѣ того, какъ число сторонъ многоугольника умножается, оный будетъ болѣе приближаться къ кругу около его описанному: *слѣдовательно круги должно разсматривать какъ подобныя фигуры,* то есть, какъ фигуры, коихъ подобно расположенныя линіи пропорціональны.

Окружности круговъ находятся въ отношеніи ихъ радіусовъ.

Если вписать въ двухъ кругахъ два одинаковаго числа сторонъ правильныхъ многоугольника (фиг. 12) *a*bcdef*a* и ABCDEFA, то отношеніе пропорціональныхъ линій двухъ фигуръ будетъ:

1) Двухъ радіусовъ двухъ круговъ; 2) сторонъ двухъ многоугольниковъ; 3) обводовъ сихъ многоугольниковъ; 4) окружностей двухъ круговъ.

Если въ кругѣ (фиг. 13) проведемъ діаметръ AOB; потомъ изъ какой нибудь точки онаго C, возставимъ къ сему діаметру перпендикуляръ CD и проведемъ прямыя линіи AD и BD; то получимъ *прямоугольный*

Digitized by Google

трехугольникъ ADB, коего прямой уголъ будетъ въ D. Сей прямоугольный трехугольникъ подобенъ каждому изъ частныхъ трехугольниковъ ADC и DBC, его составляющихъ.

Въ самомъ дѣлѣ, острый уголъ A есть общій уголъ обоихъ прямоугольныхъ трехугольниковъ ADB и ADC; другой острой уголъ равенъ прямому углу безъ остраго угла A. Итакъ три угла двухъ трехугольниковъ относительно равны между собою: слѣдовательно сіи трехугольники подобны.

Также острый уголъ B есть общій двухъ прямоугольныхъ трехугольниковъ ACB и DCB, слѣдовательно сіи два трехугольника подобны. Посему будемъ имѣть слѣдующія пропорціи:

AB : AD : : AD : AC
AB : BD : : BD : BC
AC : CD : : CD : CB

то есть: 1) въ прямоугольномъ трехугольникѣ ADB меньшая *лѣвая* сторона AD, есть средняя пропорціональная между гипотенузою AB и частію сей гипотенузы AC по *лѣвую* сторону перпендикуляра CD лежащею.

Digitized by Google

2) Меньшая *правая* сторона DB, есть средняя пропорціональная между гипотенузою AB, и частію оной BC по *правую* сторону перпендикуляра лежащею.

3) Перпендикуляръ CD, есть средняя пропорціональная между обоими частями гипотенузы AC и BC.

Наконецъ, поелику гипотенуза сія есть діаметръ круга, CD полухорда перпендикулярная къ сему діаметру, а AD и BD двѣ другія хорды проходящія чрезъ оконечности діаметра, то будетъ:

1) *Лѣвая* хорда AD, есть средняя пропорціональная между діаметромъ AB и частію сего діаметра AC, помѣщенною по лѣвую сторону перпендикулярной къ діаметру полухорды.

2) *Правая* хорда BD, есть средняя пропорціональная между діаметромъ AB и частію сего діаметра BC, находящеюся по правую сторону перпендикулярной къ діаметру полухорды.

3) Полухорда CD, есть средняя пропорціональная между обоими частями діаметра, по правую и лѣвую сторону хорды лежащихъ.

Digitized by Google

Свойства сіи имѣютъ большое употребленіе при исчисленіи дѣйствія и ходкости машинъ.

Digitized by Google

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

О площадяхъ фигуръ, ограниченныхъ прямыми или круговыми линіями.

При измѣреніи площадей фигуръ, ограниченныхъ прямыми и кривыми линіями, принимаютъ за единицу мѣры поверхности, плоскость имѣющую наипростѣйшую фигуру, которую бы легко было построить и подраздѣлить: *таковая фигура есть квадратъ, коего бокъ равенъ линейной единицѣ.*

Теперь изъяснимъ, какимъ образомъ помощію сего квадрата можно измѣрять большій квадратъ, то есть какимъ образомъ можно узнать сколько разъ сей меньшій квадратъ содержится въ большемъ.

Сколько разъ сторона меньшаго квадрата содержится въ сторонѣ большаго, столько въ большемъ квадратѣ можно образовать параллельныхъ полосъ, коихъ ширина есть сторона меньшаго квадрата, а длина сторона большаго. Но сколько разъ меньшая сторона содержится въ большей, то столько же разъ каждая полоса содержитъ въ себѣ мень-

Digitized by Google

шій квадратъ. Напримѣръ если большая сторона содержитъ въ себѣ десять разъ меньшую, то большій квадратъ раздѣлится на десять полосъ, имѣющихъ шириною сторону меньшаго квадрата, а длиною десять разъ взятую сторону меньшаго квадрата; слѣдовательно каждая полоса будетъ содержать въ себѣ десять разъ взятую площадь меньшаго квадрата, а десять разъ десять будетъ число маленькихъ квадратовъ, помѣщающихся въ большомъ.

Таковое разсужденіе показываетъ намъ, что взявши сторону квадрата равную линейной единицѣ, квадратъ сей будетъ содержаться въ другомъ, имѣющемъ стороною

1 . . .	1 разъ	1 равно	1	6 . . .	6 разъ	6 равно	36.
2 . . .	2 —	2 — —	4	7 . . .	7 —	7 — —	49.
3 . . .	3 —	3 — —	9	8 . . .	8 —	8 — —	64.
4 . . .	4 —	4 — —	16	9 . . .	9 —	9 — —	81.
5 . . .	5 —	5 — —	25	10 . . .	10 —	10 — —	100.

Числа 1, 4, 9, 16, 25, 36, и проч:, называются *квадратами* чиселъ 1, 2, 3, 4, 5, 6, и проч.; потому что они изображаютъ число квадратовъ, имѣющихъ стороною линейную единицу и содержащихся въ площадяхъ квадратовъ, коихъ стороны 1, или 2, или 3, или 4, и проч. Числа 1, 2, 3, 4, ...,

Digitized by Google

изображающія количество линейныхъ единицъ, заключающихся въ каждой сторонѣ квадратовъ, называются *корнями* сихъ квадратовъ.

Если квадратъ, который измѣрить должно, будетъ менѣе того, который принятъ за единицу мѣры, то оный должно подраздѣлить. Напримѣръ раздѣляютъ стороны его на десять равныхъ частей, и получаютъ отъ сего *сто* маленькихъ квадратовъ, каждый изъ коихъ можетъ служить единицею мѣры, если же и сія вторая единица будетъ еще довольно велика, то ее опять раздѣляютъ на сто частей, которыя будутъ *десятитысячныя* части первоначальной единицы; и такъ далѣе (смотри 2 часть, главу *о мѣрахъ*.)

Опредѣливши площади квадратовъ взятыхъ отдѣльно, теперь будемъ соединять ихъ по два и посмотримъ какимъ образомъ Геометрія выражаетъ *сумму* ихъ или *разность*, то есть какимъ образомъ она *строитъ квадратъ, коего площадь равняется суммѣ или разности двухъ данныхъ квадратовъ.*

Пусть ABCD (фиг. 1) и mnpq (фиг. 2), два данные квадрата. Построимъ прямоугольный трехугольникъ, коего прямой уголъ Y

Digitized by Google

(фиг. 3) былъ бы между двумя сторонами XY=mn и YZ=AB, то сдѣлавъ на сихъ сторонахъ XY и YZ квадраты, будетъ XYab=mnpq и YZcd=ABCD. Я говорю теперь, что большой квадратъ XZef, состроенный на сторонѣ XZ, будетъ равенъ суммѣ двухъ предложенныхъ квадратовъ.

Въ пятой главѣ мы доказали что естьли изъ вершины прямоугольнаго трехугольника XYZ (фиг. 3), на противулежащую сторону опустимъ перпендикуляръ YU, то будетъ: (*)

XU : XY : : XY : XZ отк. $XY \times XY = XY^2 = XU \times XZ$

ZU : ZY : : ZY : XZ — — $ZY \times ZY = ZY^2 = ZU \times XZ$

Слѣдовательно XY^2 съ ZY^2 то есть сумма двухъ квадратовъ XYab e ZYcd равна XU съ ZU или XZ, умноженной на XZ, что составляетъ мѣру квадрата XZef. Итакъ большой квадратъ равнопространенъ съ суммою другихъ двухъ квадратовъ.

(*) Квадратъ построенный на сторонѣ AB, выражается чрезъ AB^2, то очевидно, что и площадь сего квадрата ABCD должна также выражаться чрезъ $AB,^2$ которая равна AB умноженной на AB.

Digitized by Google

Изъ сего явствуетъ, *что во всякомъ прямоугольномъ трехугольникѣ, квадратъ построенный на большой сторонѣ, равняется суммѣ квадратовъ построенныхъ на другихъ двухъ сторонахъ.*

Если требуется построить квадратъ равный *разности* двухъ квадратовъ, то дѣлаютъ прямоугольный трехугольникъ (фиг. 3), коего большая сторона XZ равна сторонѣ большаго квадрата, а одна изъ меньшихъ сторонъ XY равна сторонѣ меньшаго даннаго квадрата, тогда квадратъ, состроенный на YZ или на третьей сторонѣ прямоугольнаго трехугольника, будетъ равенъ разности другихъ двухъ квадратовъ, поелику квадратъ сей сложенный съ другимъ меньшимъ квадратомъ составляетъ большій.

Такъ какъ три раза 3 равны 9, 4 раза 4 равны 16, 5 разъ 5 равны 25, и поелику 9 сложенныя съ 16 равны 25, то очевидно что 3, 4 и 5 суть стороны прямоугольнаго трехугольника. Художники часто употребляютъ сіе свойство для проведенія перпендикуляра YZ (фиг. 3) къ линіи XY. Для сего раздѣляютъ XY на три части, потомъ взявши YZ=4, и XZ=5 таковымъ частямъ,

Digitized by Google

оканчиваютъ трехугольникъ XYZ, въ которомъ YZ будетъ искомый перпендикуляръ.

Теперь займемся измѣреніемъ площадей различающихся отъ фигуры квадрата.

Площадь прямоугольника равняется произведенію изъ длины его основанія на длину его высоты.

Чтобъ доказать сіе раздѣлимъ MQ (фиг. 4), на части равныя AB, то есть сторонѣ квадрата ABDC, принятаго за единицу. Чрезъ точки дѣленія проведемъ линіи параллельныя линіи MN, отъ чего весь прямоугольникъ раздѣлится на полосы, имѣющія длиною сторону MN, а ширину равную сторонѣ квадрата.

Каждая полоса содержитъ въ себѣ столько разъ квадратъ ABDC, сколько разъ MN содержитъ въ себѣ AB. И такъ если AB равна единицѣ, то MN будетъ выражать число квадратовъ ABDC, помѣщающихся въ каждой полосѣ; слѣдовательно число сихъ квадратовъ содержащихся въ прямоугольникѣ MNPQ выразится произведеніемъ изъ основанія MN на высоту MQ.

Въ искуствахъ часто имѣютъ надобность находить квадратъ, коего площадь равнопро-

Digitized by Google

странна площади прямоугольника MNPQ. Въ такомъ случаѣ поступаютъ такъ:

На неопредѣленной прямой линіи кладутъ сряду прямыя MQ и MN (фиг. 5), потомъ на линіи QN какъ на діаметрѣ описываютъ полкруга, и изъ точки M къ діаметру QN, возставляютъ до пересѣченія съ полуокружностію перпендикуляръ MR, который и будетъ сторона искомаго квадрата, ибо (Глава пятая) QM : MR : : MR : MN, откуда $QM \times MN = MR.^2$

Слѣдовательно квадратъ построенный на линіи MR площадью своею будетъ равенъ прямоугольнику MNPQ; поелику сіи площади имѣютъ одну и туже мѣру.

Площадь параллелограмма LMNO (фиг. 6) *равна произведенію изъ длины основанія на длину его высоты.*

Чтобъ доказать сіе, то изъ точекъ M и N къ линіи MN, проведемъ до пересѣченія съ линіею OLQ перпендикуляры MQ и NP; тогда трехугольники MQL и NPO, равны между собою, поелику MQ=NP (какъ параллельныя между параллельными) и сходственные ихъ углы также равны между собою. Но если къ параллелограмму придадимъ трехъ

Digitized by Google

угольникъ MQL и отнимемъ трехугольникъ OPN, то прямоугольникъ MNPQ будетъ равенъ параллелограмму MNOL; слѣдовательно площадь параллелограмма подобно площади прямоугольника будетъ измѣряться *произведеніемъ изъ длины основанія* MN *на длину высоты* PN.

Слѣдующая таблица показываетъ въ числахъ площади прямоугольниковъ или параллелограммовъ, коихъ двѣ стороны выражаются числами, непревышающими десяти.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
9	18	27	36	45	54	63	72	81	90
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Второй столбецъ таблицы сей показываетъ площади прямоугольниковъ или параллелограммовъ, которые при высотѣ равной 2 имѣютъ основаніе 1, 2, 3, 4, ... ;

Digitized by Google

третій столбецъ означаетъ площади прямоугольниковъ или параллелограммовъ, кои при высотѣ равной 3, имѣютъ основаніе 1, 2, 3, 4, ... , и проч. *Промышленники должны имѣть подобныя для ихъ ремесла таблицы, которыя бы они выучивали наизусть; такое познаніе необходимо для сокращенія умноженія.*

Площадь трехугольника ABC (фиг. 9.) *равна половинѣ произведенія изъ длины его основанія на длину его высоты.*

Въ самомъ дѣлѣ если проведемъ CD параллельно AB и AD параллельно BC, то новый трехугольникъ ACD будетъ равенъ первому ABC; но ABCD образуетъ параллелограмъ, коего площадь равна длинѣ AB основанія трехугольника ABC умноженной на длину его высоты CE; слѣдовательно половина сего произведенія есть площадь трехугольника.

Поелику всякую фигуру, ограниченную прямыми линіями можно разбить на трехугольники, то слѣдуетъ что можно опредѣлить мѣру площади всякаго правильнаго и не правильнаго многоугольника. Для сего въ каждомъ изъ трехугольниковъ должно взять по-

Digitized by Google

ловину произведенія изъ длины его основанія на длину его высоты, потомъ взять сумму сихъ произведеній, которая и будетъ искомая площадь.

Приложеніе сіе есть одно изъ тѣхъ, которыя содѣлываютъ ученіе о трехугольникахъ весьма важнымъ для Геометріи и особенно для *Геодезіи*. Начнемъ сіе приложеніе измѣреніемъ трапецій.

Площадь трапеціи равна полусуммѣ параллельныхъ основаній умноженной на ея высоту.

Трапеція ABCD (фиг. 10), которой высота есть mn, діагоналею AC дѣлится на два трехугольника ABC и ACD; площадь перваго трехугольника будетъ $\frac{1}{2}$ AB×mn, а втораго $\frac{1}{2}$ CD×mn. Сумма сихъ произведеній будетъ полсумма линій AB и CD умноженная на mn, что пишется такъ: $\frac{1}{2}$ (AB+CD) mn.

Имѣя сіе произведеніе можно тотчасъ *найти квадратъ равномѣрный площади трапеціи.*

Для сего измѣрь AB+CD (фиг. 10), которую сумму положа на линіи MN (фиг. 5), возми MQ=$\frac{1}{2}$ mn, потомъ на линіи QN, какъ на діаметрѣ опиши полкруга, а изъ точки

Digitized by Google

M возставъ до полуокружности перпендикуляръ MB, который и будетъ сторона искомаго квадрата равномѣрнаго данной трапеціи

Площадь правильнаго многоугольника равна половинѣ его обвода умноженной на разстояніе центра его до какой либо стороны.

Если изъ центра O (фиг. 11) многоугольника ABCD . . . . . , проведемъ къ вершинамъ онаго прямыя линіи OA, OB, OC, OD, ... , то многоугольникъ раздѣлится на равные трехугольники AOB, BOC, COD . . . . . Пусть Om, есть разстояніе центра до каждой стороны, то сія линія будетъ также и высота сихъ трехугольниковъ. Мѣра одного изъ оныхъ, а также и всѣхъ прочихъ будетъ $\frac{1}{2}$ AB×Om; вся же площадь будетъ $\frac{1}{2}$ (AB+BC+CD+ . . . . .) Om или $\frac{1}{2}$ (ABCD . . . . .) Om.

Правильный многоугольникъ вписанный въ кругѣ, отъ увеличенія числа сторонъ его будетъ болѣе и болѣе приближаться къ кругу сему, такъ что разность ихъ содѣлается менѣе всякаго даннаго количества. Слѣдовательно кругъ можно почитать за многоугольникъ, имѣющій столь большое число маленькихъ сторонъ, что перпендикуляръ

Digitized by Google

Ом, почти не различается отъ радіуса ОА. И такъ:

Площадь круга равна окружности его умноженной на половину его радіуса или полуокружности умноженной на радіусъ. Не возможность квадратуры круга. Посредствомъ рѣшенія фиг. 5, весьма бы легко можно было построить квадратъ равномѣрный площади круга, если бы только возможно было точно опредѣлить прямою линіею длину окружности круга при данномъ радіусѣ; но мѣры такой прямой линіи найти не возможно, почему и задача объ опредѣленіи квадрата равномѣрнаго площади круга (что называется *квадратурою круга*) принадлежитъ къ числу такихъ вопросовъ, которыхъ точное рѣшеніе не возможно. Учащійся отнюдь не долженъ по напрасну изнурять своихъ способностей такими усиліями, которыя никакого непроизведутъ успѣха.

Числами можно дать приближенную величину окружности и площади круга, представляя

радіусъ чрезъ	100;	1,000;	10,000;	100,000	и проч.
окружность чрезъ . .	628;	6,283;	62,831;	628,318	— —
и площадь чрезъ . . .	314;	3,141;	31,415,	314,156	— —

Если вмѣсто цѣлой площади круга, ограничимся только плоскостію сектора АОВ

Digitized by Google

(фиг. 11), котораго дуга будетъ или половина или треть, или четверть и проч. окружности, то очевидно, что площадь сектора будетъ также половина, треть, четверть и проч. площади круга, слѣдовательно чтобъ получить мѣру его должно умножить половину радіуса на длину дуги AnB, содержащейся между сторонами OA и OB. Если же изъ сего произведенія отнять произведеніе $\frac{1}{2}$ AB×Om=площади трехугольника OAB, то получимъ прощадь *сегмента* AnB.

Сравненіе площадей подобныхъ фигуръ.

Отношеніе площадей двухъ подобныхъ трехугольниковъ равно отношенію квадратовъ сходственныхъ сторонъ.

Пусть два трехугольника, AOB и aob (фиг. 13) таковы, что основаніе каждаго равно половинѣ своей высоты, то квадраты построенные на сихъ основаніяхъ будутъ равномѣрны площадямъ тѣхъ трехугольниковъ. Теперь если станемъ пропорціонально уменьшать или увеличивать высоты, оставляя основанія неизмѣняемыми, то получимъ различнаго рода подобные трехугольники XAB, xab, которые сохраняя одно и то же основаніе, будутъ площадями своими увелич-

Digitized by Google

ваться или уменьшаться въ томъ же отношенія. Слѣдовательно отношеніе площадей трехугольниковъ, будучи первоначально представлено квадратами изъ основаній ABCD и abcd, останется то же и для всѣхъ другихъ случаевъ.

Всѣ подобныя фигуры могутъ быть разбиты на одинакое число подобныхъ трехугольниковъ, которые между собою будутъ относиться какъ квадраты сходственныхъ сторонъ.

Слѣдовательно *площади подобныхъ фигуръ* (ограниченныхъ прямыми линіями) *относятся между собою какъ квадраты построенные на двухъ сходственныхъ сторонахъ.*

Итакъ если два многоугольника (фиг. 14) ABCDEFA и abcdefa подобны, то площади ихъ относятся какъ квадраты ABMN и abmn, построенные на двухъ сходственныхъ сторонахъ AB и ab.

Равнымъ образомъ докажется, что *площади круговъ, кои суть также подобные фигуры, относятся какъ квадраты построенные на ихъ радіусахъ или на ихъ діаметрахъ.*

Digitized by Google

Употребленіе сихъ пропорцій часто бываетъ весьма удобно. Площадь круга, котораго радіусъ равенъ единицѣ можетъ быть выражена, если хотятъ достигнуть точности, только весьма сложными числами. Но отношенія площадей часто могутъ найдены чрезвычайно просто.

Теперь я покажу здѣсь тѣ превосходныя свойства, которыя имѣютъ площади правильныхъ многоугольниковъ и круговъ; но безъ доказательства, потому что оно основывается на весьма отвлеченномъ, глубокомысленномъ способѣ.

Изъ всѣхъ фигуръ, имѣющихъ данное число сторонъ и тотъ же обводъ наибольшую *площадь имѣетъ правильный многоугольникъ.*

Чѣмъ болѣе *въ правильномъ многоугольникѣ находится сторонъ при одномъ и томъ же обводѣ,* тѣмъ болѣе *будетъ площадь онаго.*

Всѣ *фигуры, ограниченныя какимъ нибудь числомъ прямыхъ или кривыхъ сторонъ при томъ же обводѣ имѣютъ* меньшую *площадь нежели круги.*

Digitized by Google

Приложенія. Познаніе свойствъ сихъ весьма драгоцѣнно для экономіи многихъ искуствъ.

Такимъ образомъ количество свинца употребляемаго при стеклахъ готическихъ рамъ опредѣленнаго пространства *есть сколь возможно наименьшее,* если рамы, имѣющія *данное* число сторонъ, имѣютъ *правильную фигуру.*

Такимъ образомъ трубы для проведенія воды, газа и проч. изъ которыхъ долженъ выходить опредѣленный объемъ жидкости, дѣлаются круглыми, отъ чего количество дерева или металла для сихъ трубъ опредѣляемаго, будетъ *наименьшее.*

Въ Архитектурѣ, если дана высота и обводъ строенія, и слѣдовательно внѣшнее протяженіе стѣнъ, то пространство, которое можно окружить тѣмъ же количествомъ камней будетъ тѣмъ болѣе, чѣмъ болѣе строеніе будетъ приближаться къ формѣ правильнаго многоугольника, и чѣмъ значительнѣе будетъ число сторонъ сего многоугольника.

Разсмотримъ неопредѣленныя плоскости, употребляемыя нами для черченія на оныхъ различныхъ фигуръ, которыхъ мы теперь

Digitized by Google

опредѣляли мѣры. Если прямая линія двумя своими точками лежитъ на плоскости, то линія сія всѣми своими точками лежитъ на сей плоскости.

Свойство сіе служитъ въ искуствахъ для построенія плоскостей и для образованія плоскости движеніемъ.

Приложеніе къ фаянсовому искуству. Если желаютъ, какъ напримѣръ въ фаянсовомъ искуствѣ, выдѣлать плоскою поверхностію массу какой нибудь земли, то для сего помѣщаютъ два параллельные бруска, или четырехугольную раму MNPQ (фиг. 15), потомъ прямою линейкою SG, прилегащею къ обоимъ брускамъ MN и PQ, вырѣзываютъ или выдавливаютъ землю, выдающуюся поверхъ плоскости, проходящей чрезъ MN и PQ. Не необходимо чтобъ четырехугольникъ MNPQ былъ составленъ изъ параллельныхъ линій MN, PQ и MQ, NP но можно допустить чтобъ двѣ противулежащія прямыя линіи будучи продолжены пересѣкались между собою.

Приложеніе къ пиленію свай. Пилы для пиленія свай, идущія по горизонтальной плоскости, коей углубленіе ниже поверхности

Digitized by Google

воды дано, дѣйствуютъ по направленію двухъ брусьевъ MN и PQ (фиг. 15), равно удаленныхъ отъ горизонтальной плоскости, по которой должно обрѣзать башки свай. Пила st есть поперечная прямая, изображающаяся своею параллельною ST. Поелику сія параллельная находится всегда въ одномъ разстояніи отъ пилы, помощію прямоугольника STst, соприкасаясь къ MN и PQ, то пила опишетъ плоскость mnpq параллельную MNPQ.

Столяръ, чтобы выровнять доску употребляетъ орудіе, называемое *стругомъ*. Онъ начинаетъ выровненіемъ краевъ доски, то есть дѣлаетъ ихъ совершенно прямолинейными помощію струга, коего колодка въ прямой линіи, а рубанокъ сдираетъ съ доски всѣ возвышенности; потомъ онъ строгаетъ поперегъ отъ одной выровненной стороны до другой, чтобъ означить рядъ непосредственныхъ прямыхъ проходящихъ чрезъ сіи края.

Пильщики и *плотники* означаютъ чертами на верьху и внизу куска дерева по той сторонѣ онаго, которую они хотятъ выровнять, требуемую фигуру и по симъ двумъ

Digitized by Google

линіямъ одинъ изъ нихъ направляетъ свою пилу и другой топоръ.

До сихъ поръ мы занимались разсматриваніемъ однѣхъ только плоскостей и прямыхъ линій взятыхъ на сихъ же плоскостяхъ. Теперь разсмотримъ сопряженіе плоскостей съ прямыми линіями и самыхъ плоскостей между собою. Прямая линія можетъ быть перпендикулярна, наклонна или параллельна къ данной плоскости.

Пусть AB (фиг. 16) будетъ кратчайшая изъ всѣхъ линій, которыя можно провести отъ точки A къ плоскости MNPQ. Слѣдовательно сія линія есть кратчайшее разстояніе отъ точки A до всѣхъ прямыхъ линій проведенныхъ на сей плоскости. Посему линія AB будетъ перпендикулярна ко всѣмъ прямымъ линіямъ BE, BF, ... , проходящимъ на плоскости чрезъ основаніе перпендикуляра B. Въ такомъ случаѣ линію AB называютъ *перпендикулярною* къ плоскости MNPQ.

Изъ сего заключаемъ: 1. *что перпендикуляръ, опущенный изъ какой либо точки на плоскость, есть кратчайшее разстояніе той точки до сей плоскости;* 2. *что линія сія*

Digitized by Google

будетъ перпендикулярна ко всѣмъ прямымъ, проведеннымъ на плоскости чрезъ основаніе оной.

Слѣдовательно, если наугольникъ обернется около одного изъ своихъ реберъ, содержащихъ прямой уголъ, то другой изъ оныхъ опишетъ необходимо плоскость.

При устроеніи инструментовъ, которыми Оптика снабжаетъ Астрономію, Мореплаваніе, и проч. весьма часто употребляютъ сіе послѣднее геометрическое свойство.

Если AB (фиг. 16) перпендикулярна къ плоскости MNPQ, то всѣ линіи AD, AF, проведенныя изъ точки A до одной изъ находящихся на плоскости линіи DBF, суть наклонныя къ сей линіи и къ плоскости. Итакъ *наклонныя* AD *и* AF *какъ къ плоскости, такъ и къ прямой линіи, болѣе перпендикуляра* AB, *и дѣлаются длиннѣе чѣмъ далѣе удаляются отъ сего перпендикуляра.*

Положимъ, что изъ точки A, проведены всѣ возможныя наклонныя линіи къ прямой DBF, проведенной на сей плоскости чрезъ точку B основанія перпендикуляра; тогда если каждая точка D, F, ... прямой DBF, опишетъ кругъ въ плоскости MNPQ, то

Digitized by Google

всѣ точки каждаго круга будутъ въ одинаковомъ разстояніи отъ всякой точки A на перпендикулярѣ взятой (*).

Линія, проходящая чрезъ центръ круга перпендикулярно къ плоскости онаго называется его *осью*. Слѣдовательно сія ось перпендикулярна ко всѣмъ радіусамъ. Поелику ось колеса перпиндикулярна къ плоскости его то каждая точка колеса при обращеніи его около оси въ движеніи своемъ не будетъ уклоняться отъ сей плоскости. Итакъ колесо неперемѣняетъ положенія своего относительно окружающихъ предметовъ, кромѣ того только, что различныя точки онаго занимаютъ мѣста, которыя занимали прежде другія точки.

На семъ правилѣ Геометріи основано дѣйствіе *жерновов въ мельницахъ*. Утверждаютъ на одной оси два жернова, коихъ плоскія стороны перпендикулярны къ оной, и слѣдовательно параллельны между собою,

(*) Если продолжить линію BA внизъ до *a* на разстояніе равное BA, то точки *a* и A будутъ равно удалены отъ точекъ D и E плоскости, и отъ круговъ, которыя мы опишемъ.

Digitized by Google

одинъ изъ сихъ жернововъ остается неподвижнымъ а другой обращается около сей оси, при чѣмъ нижняя плоская сторона подвижнаго верхняго жернова обращаясь около самой себя, остается повсюду въ одинаковомъ разстояніи отъ верхней плоскости неподвижнаго жернова. Если разстояніе камней устроено такимъ образомъ, что зерна хлѣба между оными будутъ раздавливаться; то сіе раздавленіе будетъ одинаково на всѣхъ точкахъ двухъ жернововъ.

Здѣсь видна большая выгода, скажу еще болѣе, *необходимость* въ точности устроенія машинъ. Если жернова между собою не параллельны, если ось подвижнаго жернова не совершенно перпендикулярна къ плоскости жернововъ, если отъ самаго своего движенія она можетъ склоняться то въ правую то въ лѣвую стороны; то во всѣхъ сихъ случаяхъ, плоскости двухъ жернововъ не будутъ имѣть между собою одно и то же постоянное разстояніе. Въ мѣстахъ весьма близкихъ зерна будутъ чрезвычайно мѣлко молоться, разогрѣются и испортятся, а въ другихъ они даже во все неизмѣнятся и жернова будутъ дѣйствовать по пустому. Слѣ-

Digitized by Google

довательно точность въ семъ случаѣ должна соблюдаться не для правильности вида и разумнаго удовлетворенія; но она есть условіе необходимое для достиженія успѣха въ дѣйствіяхъ.

Приложеніе къ точенію. Свойства нами теперь доказанныя употребляются въ искусствахъ, при описаніи круговъ помощію *токарнаго станка.* Инструментъ сей имѣетъ двѣ постоянныя точки, къ которымъ прикрѣпляется тѣло для точенія. Если рѣзецъ утвердить неподвижно и тѣло станемъ обращать, то онъ, будетъ обрѣзывать всѣ выдающіяся части тѣла и произведетъ кругъ, котораго ось будетъ прямая линія, проходящая чрезъ двѣ постоянныя точки, и котораго центръ будетъ находиться на сей же прямой линіи.

Если предположимъ что рѣзецъ приближается по направленію перпендикулярному къ сей прямой линій, то всѣ круги образованные постепенно остреемъ сего рѣзца будутъ находиться въ плоскости перпендикулярной къ прямой проходящей чрезъ двѣ попостоянныя точки токарнаго станка. Та-

Digitized by Google

кимъ образомъ можно помощію токарнаго станка образовать плоскости.

Таковы суть средства употребляемыя при отработкѣ машинъ, гдѣ бываетъ надобность по фигурѣ плана обрѣзывать метталическія доски или края цилиндровъ которые должно концами своими соединить съ чрезвычайною точностію.

Приложеніе къ машинѣ Брама, для строганія плоскостей. Брама вертитъ, около вертикальной постоянной оси, горизонтальное колесо, снабженное многими острыми желѣзками, выдающимися изъ заповерхности круга не одинаково и располагаются въ 5 или 6 соединеніяхъ, которыя одни надъ другими постепенно возвышаются. Кусокъ дерева который должно выстрогать кладется на горизонтальную телѣжку, приближающуюся и подходящую подъ колесо съ желѣзками. Желѣзки каждаго соединенія, строгаютъ кусокъ дерева такимъ образомъ, что менѣе выдающіяся дѣйствуютъ сначала, а потомъ постепенно углубляются желѣзки другихъ 4 или 5 соединеній; послѣ чего, кусокъ дерева, который продолжаетъ приближаться, будетъ выстроганъ въ послѣ-

Digitized by Google

дующей части новыми соединеніями. Когда всѣ желѣзки разположенныя по обводу колеса означатъ дѣйствіемъ своимъ на кускѣ дерева весьма узкія касающіеся желобки, тогда стругъ укрѣпленный на колесѣ на высотѣ одинаковой съ самыми выдающимися желѣзками, проходя по куску дерева сглаживаетъ на немъ бороздки, сдѣланныя желѣзками, чѣмъ и оканчивается совершенное выструганіе дерева.

Двѣ линіи AB *и* CD (фиг. 17) *перпендикулярныя къ одной и той же плоскости* MNPQ *суть параллельны между собою.*

Чтобъ доказать сіе, то чрезъ основаніе B и D, сихъ двухъ перпендикуляровъ проведемъ на плоскости прямую линію BD, потомъ чрезъ средину o линіи BD, въ той же плоскости проведемъ къ ней перпендикуляръ EOF и сдѣлаемъ OE=OF, то точки B и D будутъ равно удалены отъ точекъ E и F. Тогда всѣ точки какъ A и C линій AB и CD, перпендикулярныхъ къ плоскости MNPQ, будутъ также равно удалены отъ точекъ E и F. Въ самомъ дѣлѣ, если проведемъ FD и ED, то сіи двѣ наклонныя, будучи равно удалены отъ перпендикуляра OD къ линіи

Digitized by Google

EOF, суть равны между собою. Также CE и CF, будутъ двѣ наклонныя равноотстоящія отъ перпендикулярной къ плоскости линіи CD, суть также равны между собою; наконецъ AE и AF, потому же основанію равны между собою. Итакъ перпендикуляры AB и CD, принадлежатъ къ одной плоскости, коей всѣ точки равно удаляются отъ двухъ постоянныхъ точекъ E и F. Слѣдовательно AB и CD перпендикулярныя къ одной и той же прямой BD и находящіяся въ одной и той же плоскости суть параллельны.

Горизонтальною плоскостію, называется та плоскость, которую представляетъ поверхность стоящей воды, проходящей чрезъ какую нибудь точку той плоскости; перпендикулярная къ сей то плоскости линія именуется *вертикальною* или *отвѣсною* линіею. Слѣдовательно всѣ линіи отвѣсныя къ одной и той же горизонтальной суть параллельны между собою.

Отвѣсомъ называется, нитка или снурокъ, котораго одинъ конецъ обыкновеннно держатъ въ рукѣ или привязываютъ къ какой либо постоянной точкѣ, а на другомъ концѣ оной укрѣпляется свинцовая гирька или

Digitized by Google

какая либо тяжесть, нитка сія по свойству тяжести приходя въ спокойное состояніе приметъ отвѣсное направленіе къ тому мѣсту гдѣ она находится. Отвѣсъ сей можно употребить при повѣркѣ, будетъ ли линія или плоскость XY (фиг. 7) горизонтальны. Для сего рабочіе употребляютъ равнобедренный трехугольникъ AEC называемый ими *ватерпасъ*. Инструментъ сей составляется изъ двухъ равныхъ сторонъ EA и EC, на срединѣ нижней стороны онаго AC, означается выемка D, а отъ оной черта DE, идущая къ вершинѣ E, гдѣ привязываютъ нитку съ отвѣсомъ B. Также употребляютъ другаго устроенія ватерпасъ (фиг. 8), состоящій изъ бруса AC въ срединѣ коего утверждается перпендикулярно другой брусъ ED имѣющій выемку D и черту DE, по направленію, коей вверху привязана нитка съ отвѣсомъ B, брусъ сей поддерживается упорками GF и HJ. Употребленіе обоихъ сихъ ватерпасовъ одинаково, ибо чтобъ повѣрить горизонтальна ли какая нибудь линія XY, кладутъ который нибудь изъ сихъ ватерпасовъ на данную линію и замѣчаютъ будетъ ли нитка съ отвѣсомъ бить по назначенной

Digitized by Google

чертѣ DE, въ такомъ случаѣ повѣряемая линія горизонтальна, а въ противномъ нѣтъ.

Вертикальными плоскостями, называются такія плоскости, которыя по всему протяженію содержатъ вертикальныя или отвѣсныя линіи. Если изъ какой нибудь точки таковой плоскости проведемъ отвѣсную линію, то поелику линія сія должна быть параллельна отвѣсной линіи въ плоскости сей находящейся, то слѣдуетъ, что и она будетъ также находиться въ сей самой плоскости.

Сѣченіе двухъ вертикальныхъ плоскостей необходимо есть прямая отвѣсная линія; ибо если проведемъ чрезъ какую нибудь точку линіи пересѣченія сихъ двухъ плоскостей отвѣсную линію, то она должна совершенно находиться въ каждой изъ оныхъ, а потому на общемъ сѣченіи сихъ двухъ плоскостей.

Большая часть искуствъ и наипаче тѣхъ, которыя относятся къ построенію зданій, весьма часто употребляютъ горизонтальныя и вертикальныя плоскости и отвѣсныя линіи.

Въ нашихъ домахъ, полы, потолки, подоконницы, нижнія и верхніе швы рядовъ обтесанныхъ камней и кирпичей, и проч. обы-

Digitized by Google

кновенныхъ стѣнъ суть плоскости горизонтальныя.

Плоскости внѣшнихъ и внутреннихъ стѣнъ, также перегородки суть вертикальныя плоскости, а углы образованные стѣнами, находящіеся по бокамъ окошекъ дверей и проч. суть отвѣсныя линіи поелику находятся въ одно и то же время на двухъ вертикальныхъ плоскостяхъ.

При рисованіи въ начертательной Геометріи, въ разрѣзкѣ камней, въ плотничьемъ искуствѣ и вообще въ Архитектурѣ, предполагаютъ что первый рисунокъ сдѣланъ на горизонтальной плоскости, а второй на вертикальной; если плоскость сія изображаетъ внѣшность строенія то называется *возвышеніемъ* или *фасадомъ*, а когда плоскость сія проходитъ насквозь онаго то именуется *разрѣзомъ* или *профилью*.

Когда прямая линія проходитъ чрезъ двѣ точки A и C (фиг. 18), равно удаленныя отъ плоскости MNPQ, тогда и всѣ другія точки сей прямой AC, будутъ находиться въ томъ же разстояніи отъ плоскости.

Въ самомъ дѣлѣ протянувъ AC, проведемъ параллельныя линіи AB, CD и EF перпенди-

Digitized by Google

кулярныя къ плоскости MNPQ. Потомъ въ плоскости проведя линію BFD, будемъ имѣть, каково бы ни было положеніе точки E, что AB=EF=CD.

Собраніе прямыхъ линій (фиг. 18) выходящихъ изъ точки A перпендикулярно къ линіи AB образуютъ плоскость, слѣдовательно всѣ точки сей плоскости будутъ имѣть линію AB мѣрою разстоянія оной до плоскости MNPQ. Посему двѣ плоскости перпендикулярныя къ одной и той же прямой линіи, имѣютъ одно и то же между собою разстояніе, а линіи AB и CD, перпендикулярныя къ одной плоскости будутъ также перпендикулярны и къ другой, ими измѣряется кратчайшее разстояніе сихъ плоскостей.

Двѣ плоскости NPQM и NPRS (фиг. 19), взаимно пересѣкаются въ прямой линіи NP. Въ самомъ дѣлѣ если чрезъ двѣ точки N и P встрѣчи ихъ, проведемъ прямую NP, то оная должна необходимо находиться на обѣихъ плоскостяхъ содержащихъ сіи точки. Слѣдовательно линія сія будетъ общая обѣихъ плоскостей.

Плоскость NPQM можетъ быть болѣе или менѣе наклонена къ плоскости NPRS,

Digitized by Google

отъ чего и произшедшій между сими плоскостями уголъ будетъ болѣе или менѣе. Для измѣренія сего угла поступаютъ слѣдующимъ образомъ: проводятъ (фиг. 19) въ первой плоскости CA, а во второй CB перпендикулярныя къ общему сѣченію плоскостей NP, то уголъ составляемый сими двумя линіями будетъ уголъ наклоненія двухъ плоскостей.

Представимъ себѣ, что плоскость NPQM, обращается около линіи NP, какъ будто около оси, то каждая изъ точекъ сей плоскости опишетъ кругъ, и самая плоскость пройдетъ все пространство около оси. Если же пространство такимъ образомъ пробѣгаемое раздѣлить на равныя части, то каждая точка, въ каждой части, пройдетъ одинакое число градусовъ. Число сіе можетъ служить мѣрою угла плоскостей вращающихся около NP.

Инструментальные мастера дѣлаютъ для Астрономовъ, Мореплавателей и Инженеръ-Географовъ инструменты, служащія для измѣренія угловъ плоскостей, которые вообще производятся по правиламъ нами теперь изложеннымъ. Раздѣленная на градусы дуга кру-

Digitized by Google

га AB, направленіе плоскости коей находится по перпендикулярамъ CA и CB; сія дуга круга AB, (фиг. 19), укрѣпляется однимъ концомъ B въ одной изъ плоскостей а другой конецъ оной проходитъ насквозь другую плоскость и показываетъ число градусовъ наклоненія двухъ плоскостей.

Для опредѣленія положенія плоскостей обыкновенно относятъ ихъ къ какой нибудь горизонтальной плоскости; пересѣченіе наклонной плоскости съ горизонтальною называется *слѣдомъ* наклонной плоскости. Слѣдовательно проведя къ сему слѣду два перпендикуляра одинъ въ горизонтальной плоскости а другой въ наклонной то получимъ уголъ (заключающійся между сими двумя перпендикулярами) двухъ плоскостей.

Наклонная линія CA (фиг. 19), имѣетъ большее наклоненіе нежели всякая другая на плоскости NPQM проведенная прямая линія.

Для доказательства сей истины проведемъ линію XOY параллельную слѣду PN наклонной плоскости, и COA перпендикулярную симъ двумъ параллельнымъ линіямъ тогда OC будетъ измѣрять ихъ разстояніе слѣдовательно чтобъ спуститься съ точекъ XOY,

Digitized by Google

наклонной плоскости, расположенныхъ на одной высотѣ, къ точкамъ P, C, N, которыя находятся также на одной горизонтальной линіи, то кратчайшій путь, то есть *линія наибольшаго паденія* будетъ OC, перпендикулярная къ двумъ параллельнымъ линіямъ XOY и PCN.

Когда мы будемъ заниматься кривыми поверхностями то увидимъ, что для представленія въ планѣ фигуръ сихъ поверхностей преимущественно употребляютъ горизонтальныя линіи и *линіи наибольшаго паденія*.

Двѣ плоскости перпендикулярны между собою, если образуютъ по обѣ стороны два равные угла. Углы сіи, измѣряемые прямыми перпендикулярными линіями суть прямые.

Когда прямая линія перпендикулярна къ плоскости, то всякая другая плоскость, проходящая чрезъ сію прямую, будетъ также перпендикулярна къ той плоскости.

Въ самомъ дѣлѣ, пусть линія AB (фиг. 20), перпендикулярна къ плоскости MNPQ, и FGDE другая плоскость, проходящая чрезъ AB; проведемъ къ плоскости MNPQ линію AC, перпендикулярную къ GD, то уголъ BAC, измѣряющій наклоненіе сихъ двухъ плоско-

Digitized by Google

стей будетъ прямой, слѣдовательно двѣ плоскости будутъ одна къ другой перпендикулярны.

Когда двѣ параллельныя плоскости пересѣкаются третіею, то сѣченія сихъ плоскостей будутъ также параллельны, ибо если положимъ, что сѣченія сіи гдѣ нибудь встрѣтятся, то и плоскости, которыхъ онѣ суть части, также должны встрѣтиться, а тогда онѣ не будутъ параллельны.

Двѣ параллельныя прямыя линіи, заключающіяся между параллельными плоскостями суть равны между собою. Въ самомъ дѣлѣ, если чрезъ сіи двѣ прямыя линіи проведемъ третію плоскость, то сѣченія оной съ первыми двумя будутъ параллельны; но параллельныя между параллельными заключающіяся равны между собою.

Двѣ прямыя линіи ABC *и* DEF (фиг. 21) *разсѣкаются тремя параллельными плоскостями* NP, QR *и* ST, *на части пропорціональныя.*

Для доказательства проведемъ Aef параллельно DEF, а поелику точки E, F, e, f, суть точки встрѣчи сихъ прямыхъ съ плоскостями QR ST, то Ae равна DE; ef=

Digitized by Google

EF. Но двѣ прямыя ABC и Aef находятся въ одной плоскости, разсѣкающей другія двѣ плоскости QR и ST въ двухъ параллельныхъ линіяхъ Be и Cf то будетъ:

AB : BC : : Ae : ef : : DE : EF.

Остается сказать о толстыхъ углахъ, какъ напримѣръ уголъ OABC (фиг. 22) образованный тремя прямыми линіями OA, OB и OC, сходящимися въ одной точкѣ O, и представленный тремя частями плоскостей AOB, BOC и COA. Уголъ сей какъ видно представляетъ три обыкновенные угла AOB, BOC и COA, и три угла образованные каждыми двумя плоскостями. Начертательная Геометрія, научаетъ средствамъ познавать углы, образованные плоскостями, помощію угловъ составленныхъ изъ прямыхъ линій и обратно.

Digitized by Google

Digitized by Google

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

О тѣлахъ ограниченныхъ плоскостями.

Изъяснивши свойства прямой линіи и круга, мы показали фигуры, которыя промышленность составляетъ изъ прямыхъ линій и круговъ. Сходственно сему разсмотримъ теперь тѣла, которыя можно ограничить: 1) плоскостями и 2) кривыми поверхностями, произходящими отъ круга.

Два тѣла равны, когда можно представить, что они произошли изъ одной формы, подобно какъ слѣпки бюстовъ или лѣпныхъ вещей, отливаемыхъ формовщиками.

Два тѣла MNODEF и mnodef (фиг. 23), *находятся въ симметріи* по виду и положенію ихъ, когда сходственныя точки одного и другаго могутъ быть соединены прямыми параллельными линіями, коихъ средины находятся въ плоскости ABC къ нимъ перпендикулярной. Плоскость сія именуется *плоскостію ихъ симметріи.*

Приложенія. Промышленность на каждомъ шагу имѣетъ надобность дѣлать тѣ-

Digitized by Google

ла *симметрическія* въ отношеніи къ другимъ тѣламъ, и тѣла составленныя изъ двухъ симметрическихъ частей. Таковы суть правильныя зданія, храмы, дворцы, построенныя по плану.

Въ неподвижныхъ произведеніяхъ промышленности симметрія часто составляетъ только лишь предметъ роскоши и вкуса, какъ напр. дома, церкви и проч. Но во многихъ тѣлахъ, которыя должны двигаться съ одинаковою удобностію по правую и лѣвую сторонамъ, симметрія составляетъ для нихъ предметъ необходимости. Вотъ почему Природа дала наибольшей части животныхъ двѣ симметрическія стороны, соединенныя плоскостію, направленною по ихъ поступательному движенію. Посему же основанію кораблестроительные Инженеры дѣлаютъ правую и лѣвую стороны кораблей симметрическими, относительно плоскости означающей направленіи хода онаго. Экипажи, также суть симметрическія тѣла относительно сей плоскости; по правилу сходства и проч. (Смотри вторую часть о машинахъ).

Брусокъ или рейка есть тѣло, неопредѣленной длины, котораго плоскія стороны

Digitized by Google

ограничены параллельными прямыми линіями, называемыми *ребрами*. Если таковое тѣло разсѣчь двумя параллельными плоскостями, то получимъ такъ называемую *призму* и два сѣченія именуемыя *основаніями*, которыя будутъ многоугольники, имѣющія столько боковъ, сколько сторонъ находится въ призмѣ. Призма можетъ быть прямая или наклонная, смотря потому будутъ ли *перпендикулярны* или *наклонны* основанія оной къ ребрамъ. Она называется *усѣченною* когда основанія оной не параллельны между собою.

Прямая призма будетъ *симметрическая*, относительно плоскости, разсѣкающей оную подъ прямымъ угломъ по срединѣ всѣхъ реберъ, которыя будутъ перпендикуляры, опредѣляющіе условія симметріи.

Бываютъ также и *усѣченныя призмы* симметрическія относительно къ плоскости, разсѣкающей ихъ подъ прямымъ угломъ также срединѣ всѣхъ реберъ.

Трехсторонная призма (фиг. 1), имѣетъ три стороны и два трехугольныя основанія. Сколько находится измѣненій въ формахъ трехугольниковъ, столько же имѣется и различныхъ формъ трехсторонныхъ призмъ.

Digitized by Google

Приложеніе къ Оптикѣ. Физики употребляютъ стеклянную или хрустальную трехсторонную призму, для разложенія свѣта, коего различные лучи, проходя одну сторону призмы чтобъ проникнуть въ тѣло сіе и проходя другую сторону дабы выйти изъ онаго, раздѣляются. Тогда на бѣлой стѣнѣ или приставленной бумагѣ, является продолговатое цвѣтное изображеніе имѣющее семъ первоначальныхъ цвѣтовъ въ слѣдующемъ порядкѣ: красной, оранжевой желтой зеленый, голубой, синій и фіолетовой.

Приложеніе къ Архитектурѣ. Архитекторъ употребляетъ прямую трехсторонную призму съ симметрическими основаніями ABCDEF (фиг. 7), для образованія крыши фронтона или щипца правильныхъ строеній. *Усѣченная симметрическая призма* (фиг. 8) служитъ для построенія крыши о четырехъ скатахъ. Фигура сія употребляется для складки въ кучи камней, а въ Артиллеріи ядеръ, гранатъ, бомбъ и другихъ снарядовъ, ибо фигура сія будучи правильною весьма удобна для изчисленія количества находящихся въ нихъ камней, ядеръ и проч.

Digitized by Google

Приложенiе къ Механикѣ. При устроенiи машинъ дѣлаютъ трехсторонною призмою съ симметрическими основанiями полосы, для доставленiя совершенно прямолинейнаго движенiя, катящейся по нимъ колясочкѣ.

Четырехсторонная призма (фиг. 2) имѣетъ четыре стороны, а основанiя ея суть четырехугольники, какъ видно и изъ названiя оной. Когда четырехугольникъ сей есть параллелограмъ, то призма получаетъ названiе *параллелопипеда*. *Параллелопипедъ*, именуется прямымъ, когда всѣ стороны онаго перпендикулярны къ основанiямъ. Если основанiе будетъ квадратъ то и *параллелопипедъ* называется *квадратнымъ*.

Наконецъ если всѣ плоскости параллелопипеда будутъ квадраты, тогда онъ называется *кубомъ*, напр. *игральныя кости*.

Въ прямой четырехсторонной призмѣ съ симметрическими основанiями, плоскости симметрiи параллельны ребрамъ и проходятъ чрезъ ось симметрiи каждаго основанiя.

Когда основанiе есть прямоугольникъ, то призма имѣетъ три плоскости симметрiи, относительно параллельныхъ, шести сторонамъ призмы взятымъ по двѣ. Если осно-

Digitized by Google

ваніе ромбъ, то призма имѣетъ три плоскости симметріи: 1. плоскость равноотстоящая отъ двухъ основаній, 2 и 3. плоскости проходящія чрезъ параллельныя діагонали, въ ромбахъ основаній.

Въ кубѣ находится *девять* плоскостей симметріи; три параллельны сторонамъ, и шесть проходятъ чрезъ діагонали сторонъ.

Въ каждой изъ сихъ призмъ, плоскость симметріи проходитъ чрезъ примѣчательную точку, называемую *центромъ* призмы, а каждыя двѣ таковыя плоскости пересѣкаются по линіямъ, которыя суть *діаметры* или *оси* призмы. Точка сія и сіи линіи обладаютъ драгоцѣнными для Механики свойствами, которыя мы изъяснимъ во второй части, говоря о машинахъ.

Различныя приложенія. Столяръ, плотникъ, кузнецъ и множество другихъ ремесленниковъ, употребляютъ симметрическіе четырехсторонныя призмы.

Перекладины или переводины въ нашихъ домахъ, стропила и почти всѣ другія части крыши суть призмы сего рода. Иногда призмы сіи имѣютъ квадратное основаніе. Съ тѣхъ поръ какъ лучше стали изъяснять си-

Digitized by Google

лу сопротивленія дерева, узнали выгоду употреблять узкія призмы когда давленіе на оныя не велико, и широкія когда онѣ должны сопротивляться съ большею силою..

Пилястры и квадратныя подпоры суть прямоугольные параллелопипеды.

Призмы кристалловъ. Природа представляетъ намъ въ своей кристаллизаціи многоразличныя превосходныя геометрическія формы, которыя часто бываютъ призмы трехугольныя, четырехугольныя, шестиугольныя, восьмиугольныя, и проч. Ученіе о сихъ фигурахъ кристалловъ есть одно изъ прекраснѣйшихъ приложеній Геометріи. Оно подало превсходную мысль даже о веществахъ изъ которыхъ сіи кристаллы составлены. Наконецъ, раздѣляя искусно кристаллы по сторонамъ соединенія изъ первоначальныхъ формъ помощію Геометріи, узнали всѣ измѣненія ихъ и постоянство формъ Природы, даже и въ весьма большихъ по видимому неправильностяхъ.

Покажемъ теперь способъ вырѣзывать прямыя призмы изъ тѣла какой нибудь фигуры.

Digitized by Google

Натягиваютъ на тѣлѣ, изъ котораго должно вырѣзать призму, веревку или снурокъ параллельно направленію, которое должны имѣть ребра призмы, направленію принятому нами для удобности горизонтальнымъ. Прикладываютъ къ веревкѣ одинъ изъ боковъ наугольника, держимаго горизонтально. Потомъ ниткою съ отвѣсомъ, приставленною къ другому боку наугольника, означаютъ на тѣлѣ рядъ точекъ принадлежащихъ основанію призмы. Сдѣлавъ сіе потомъ топоромъ, пилою или какимъ либо другимъ инструментомъ, обрѣзываютъ тѣло по вертикальной плоскости, проходящей чрезъ назначенныя точки. Обчерчиваютъ на оной плоскости многоугольникъ, который должно имѣть основаніе. Отъ каждой вершины сего многоугольника дѣлаютъ пазы, коихъ глубина по всему протяженію соотвѣтствуетъ направленію перпендикулярному къ основанію, пазы сіи и будутъ ребра призмы. Между каждыми двумя ребрами выровниваютъ тѣло, способами означенными въ шестой главѣ. Для повѣрки дѣйствія должно увѣриться, будутъ ли ребра точно перпендикулярны къ плоскости основанія, слѣдовательно и къ тѣмъ двумъ бокамъ сего

Digitized by Google

основанія, которыя встрѣчаютъ ребро. Для большей точности, должно разсмотрѣть имѣютъ ли ребра повсюду одинаковое между собою разстояніе, что весьма необходимо, и находятся ли два ребра въ одной и той же плоскости, что усматривается простымъ зрѣніемъ, примѣчая покрываютъ ли совершенно всѣ точки одного ребра, точки прежде или послѣ за нимъ слѣдующаго другаго ребра. Теперь остается сдѣлать другое основаніе, для чего очерчиваютъ его помощію наугольника, проводя по сторонамъ призмы къ ребрамъ оной перпендикрляры, при семъ должно наблюдать чтобъ послѣдній точно приходился въ ту точку, изъ которой выходилъ первый. Таковъ способъ употребляемый столярами и корабельными мастеровыми.

Если первая сторона призмы готова и хотятъ обработать соприкосновенныя къ оной другія стороны, то употребляютъ наугольникъ или малочникъ, для измѣренія угловъ, которые должны имѣть сіи стороны или между собою или съ основаніями. На той сторонѣ, которую обработать должно дѣлаютъ въ нѣкоторыхъ между собою разстояніяхъ пазы, столь глубокія, чтобы одинъ

Digitized by Google

бокъ наугольника могъ въ нихъ помѣщаться, между тѣмъ какъ другой бокъ онаго прикладывается къ обдѣланной уже сторонѣ; когда два бока сего наугольника разположены перпендикулярно къ ребру раздѣляющему обработанную сторону отъ необдѣланной, то глубина паза на послѣдней сторонѣ будетъ надлежащая.

Приготовивши такимъ образомъ сіи пазы въ нѣкоторыхъ между собою разстояніяхъ, остается только выровнять сторону между сими линіями, дабы начать другую.

Въ Геометріи фигуры впалыхъ и выпуклыхъ частей, способныхъ помѣщаться однѣ въ другихъ изображаются линіями, которыя по протяженію и положенію своему ни чѣмъ между собою не различаются. Но въ практикѣ между отдѣлкою впалыхъ и выпуклыхъ частей находится величайшая разность.

Дѣланіе призмъ представляетъ намъ въ томъ примѣръ. Мы показали какимъ образомъ дѣлаются выпуклыя призмы помощію циркуля, линейки, наугольника, и острыхъ орудій. Представимъ теперь, что требуется сдѣлать призматическую впадину, на примѣръ въ видѣ прямоугольнаго параллелопипеда, ка-

Digitized by Google

ковы суть ящики, употребляемые въ мастерскихъ и для переноски различныхъ вещей.

Начинаютъ приведеніемъ досокъ въ надлежащую толстоту. Доски сіи, обрѣзанныя по наугольнику требуемой длины и ширины, сами по себѣ будучи выпуклыми призмами, послужатъ сторонами впалой призмы, которую хотятъ сдѣлать. Двѣ изъ таковыхъ досокъ обрѣзываются по длинѣ и ширинѣ ящика, двѣ по длинѣ и высотѣ, наконецъ двѣ по высотѣ и ширинѣ сего ящика. Приставляютъ ихъ сторонами одну къ другой и соединяютъ вмѣстѣ гвоздями или клеемъ. часто одну изъ сторонъ утверждаютъ на шарньерѣ, которая служитъ ящику крышкою и запирается помощію нутреннаго или висячаго замка. Если доски сдѣланы съ надлежащимъ тщаніемъ, то собраніе оныхъ въ ящикѣ необходимо образуетъ параллелопипедъ. При семъ только должно наблюдать, чтобы края досокъ по толщинѣ были соединены подъ угломъ въ 45° какъ показано въ фигурѣ 3, въ Aa и Bb . . . . ; или въ закрайну какъ въ фиг. 4.

Если ящикъ столь великъ, что ширины одной доски для какой нибудь стороны не-

Digitized by Google

достаточно, то соединяютъ многія. При грубой работѣ ихъ просто скалачиваютъ гвоздями по одной сторонѣ ящика. Таковы суть обыкновенные ящики, употребляемые для перевозки.

Если же работа должна быть болѣе тщательная то соединяютъ доски, выдѣлывая въ срединѣ одной доски BDQP (фиг. 5) *капитальную рейку*, а въ другой ей соприкосновенной BDNM *шпонтъ* такой же величины какъ и *капитальная рейка* дабы сія плотно въ оный входила.

Капитальная рейка (фиг. 5) есть ничто иное какъ прямоугольная выпуклая призма, а *шпонтъ* точно такая же призма, но впалая. Ту и другую можно сдѣлать помощію струга, что мы послѣ и изъяснимъ.

Шипъ и *шиповое гнѣздо*, также суть двѣ прямоугольныя призмы, одна выпуклая а другая впалая, которыя въ семъ случаѣ походятъ на предыдущія, и выдѣлываются такимъ образомъ, чтобы шипъ съ точностію могъ помѣщаться въ гнѣздѣ. Ихъ употребляютъ въ такомъ случаѣ если нужно соединить двѣ призмы подъ прямымъ угломъ. Шипъ можетъ выдѣлываться пилою а гнѣз-

Digitized by Google

до только долотомъ, и требуетъ гораздо болѣе времени. Вотъ еще примѣръ разности трудностей, встрѣчающихся ремесленнику при отдѣлываніи *выпуклыхъ* или *впалыхъ* призмъ.

Столяръ и плотникъ, кромѣ фугуръ нами показанныхъ, имѣютъ множество другихъ превосходныхъ и простыхъ приложеній фигуръ ограниченныхъ плоскостями, впалыхъ и выпуклыхъ, также совмѣщающихся между собою.

Плотники часто дѣлаютъ или образуютъ призмы изъ отдѣльныхъ частей дерева которыя служатъ имъ ребрами, какъ при построеніи крышъ. Напримѣръ фигура 7 представляетъ стропильную связь въ видѣ трехсторонной призмы, лежащей на четырехугольной призмѣ или на деревянномъ прямоугольномъ домѣ. Для построенія такого дома плотнику придется рѣшать многія изъ предложеній Геометріи, что легко будетъ сдѣлать по показаннымъ нами въ сихъ листкахъ наставленіямъ. Онъ долженъ умѣть измѣрять и дѣлать всякаго рода брусья, настоящей длины и вида, съ углами вѣрно на

Digitized by Google

несенными на дерево, которое онъ вырѣзываетъ по приличнымъ формамъ, и проч.

Для плотника, строющаго какое либо зданіе весьма необходимо знать всѣ показанныя нами предложенія, дабы онъ умѣлъ производить разумныя приложенія, и неостановился бы въ непредвидимыхъ случаяхъ, которыя для невѣжи представляютъ одно только средство, дѣйствовать случайно, по сходству и почти всегда худо.

Геометрія еще нужнѣе для корабельныхъ мастеровыхъ, поелику они должны производить фигуры болѣе трудныя и сложныя, коихъ совершенство зависитъ отъ строгости и вѣрности производства дѣйствій.

Пирамида есть фигура, по наружности болѣе простѣйшая нежели призма, поелику она имѣетъ менѣе сторонъ, но по существенности своей болѣе сложная, потому что стороны оной не параллельны.

Пирамида (фиг. 9, 10, 11, 12 20) состоитъ изъ плоскихъ трехугольныхъ сторонъ, имѣющихъ вершины свои въ одной точкѣ, и образующихъ основаніями своими плоской многоугольникъ. Многоугольникъ сей есть *основаніе* пирамиды, равнымъ образомъ и *вершина* общая

Digitized by Google

всѣмъ трехугольнымъ сторонамъ есть вершина пирамиды.

Симметрическая пирамида имѣетъ основаніемъ симметрическій многоугольникъ, а вершина ея находится въ плоскости симметріи.

Правильная пирамида, имѣетъ основаніемъ правильный многоугольникъ. Вершина таковой пирамиды должна быть на линіи проходящей чрезъ центръ основанія и перпендикулярной къ плоскости сего основанія. Такимъ образомъ, если основаніе пирамиды будетъ горизонтально, то вершина оной должна быть наотвѣсной чрезъ центръ основанія проходящей линіи, которая и будетъ осью правильной пирамиды.

Трехсторонная пирамида OABC (фиг. 12), имѣетъ основаніемъ трехугольникъ ABC, а четырехсторонная ABCDE (фиг. 11), имѣетъ основаніемъ четырехугольникъ BCDE, и проч.

Крыши башенъ и колоколенъ, которыя бываютъ трехугольныя или квадратныя суть пирамиды, имѣющія основаніемъ трехугольникъ или квадратъ, образованный карнизомъ колокольни или башни (фиг. 9 и 10).

Digitized by Google

Обелиски, суть правильныя пирамиды, употребляемыя для публичныхъ монументовъ, и бываютъ обыкновенно четырехсторонныя.

Положимъ, что должно изъ камня вытѣсать обелискъ, и представимъ что онъ лежитъ, то ось его будетъ горизонтальна а основаніе вертикально.

Для сего въ камнѣ или гранитѣ, вытѣсываютъ вертикальную плоскость, на которой вычерчиваютъ квадратъ BCDE (фиг. 11), долженствующій служить основаніемъ обелиску. Потомъ начинаютъ обтесывать верхнюю сторону ACD и двѣ другія ей соприкосновенныя ACB и ADE, наблюдая съ величайшею точностію, чтобъ углы, образованные сторонами ACD, ACB и ADE, съ плоскостію основанія были совершенно одинаковы съ тѣми, которыя долженъ имѣть прожектированной обелискъ. Дѣйствіе сіе повѣряется тѣмъ, когда вершина A будетъ находится на прямой AO; перпендикулярной къ плоскости основанія и проходящей чрезъ центръ сего основанія. Повѣрка сія дѣлается такъ: берутъ линію OM въ плоскости основанія и другую AN ей равную и параллельную, то прямая MN, которая дол-

Digitized by Google

жна быть параллельна AO, должна составлять прямые углы съ линіями AN и OM. Тогда ось AO будетъ перпендикулярна къ двумъ прямымъ линіямъ проходящимъ на плоскости основанія чрезъ точку O, а слѣдовательно и къ самой плоскости основанія. Окончивъ всѣ надлежащія повѣрки и исправивъ найденныя погрѣшности, остается выдѣлать нижнюю сторону ABE, коей плоскость обозначается ребрами AB и AE.

Теперь положимъ, что нужно вытѣсать какую нибудь трехсторонную пирамиду въ кускѣ камня или дерева, предполагая что извѣстна фигура основанія и углы, которые составляетъ плоскость сего основанія съ другими тремя сторонами.

Для сего, по способамъ показаннымъ въ шестой главѣ, обозначаютъ и вытѣсываютъ ровную плоскость, потомъ помощію малочника, котораго стороны линейки располагаются перпендикулярно къ сторонамъ основанія, дѣлая съ онымъ надлежащіе углы, означаютъ плоскости ABO, BCO и ACO, (фиг. 12). Такимъ образомъ получаются три стороны пирамиды.

Digitized by Google

Часто положеніе вершины дается точкою m (фиг. 12), въ которой кончится на основаніи перпендикуляръ Om и высотою Om. Въ такомъ случаѣ, обозначаютъ основаніе и располагаютъ его горизонтально, потомъ берутъ точки Q и N, находящіяся въ одной горизонтальной плоскости съ основаніемъ и отъ сихъ точекъ помощію нитки съ отвѣсомъ отмѣриваютъ двѣ линіи NP и QR равныя линіи Om, наконецъ проводятъ OR, равную mQ и OP=mN, тогда точка O, гдѣ обѣ горизонтальныя должны встрѣтиться, будетъ вершина пирамиды. Узнавъ и назначивъ вершину обтесываютъ кусокъ дерева или камня, дѣлая въ ономъ прямою линіею нарѣзки или выемки по OA, OB и OC, а послѣ уже между сими прямыми линіями совершенно его обдѣлываютъ.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ лучше начать помощію легкаго геометрическаго начертанія, измѣряя углы, составляемые основаніемъ съ тремя сторонами, а потомъ вытесывать сіи стороны, не заботясь о положеніи вершины.

Для сего достаточно (фиг. 13), изъ основанія m перпендикуляра Om, опущеннаго

Digitized by Google

изъ вершины на основаніе, провести mn, mp и mq относительно перпендикулярныя къ AB, BC и CA, потомъ построить особенно прямоугольные трехугольники: Omn, Omp и Omq, то углы Onm, Opm и Oqm будутъ тѣ самые которые составляютъ три стороны пирамиды съ плоскостію основанія. Въ началахъ необходимыхъ для построенія трехугольниковъ находятся условія нужныя для того, чтобы два трехугольника были равны между собою, то же самое можно приложить и къ пирамидамъ.

Двѣ трехсторонныя пирамиды равны между собою: 1. когда три стороны одной равны тремъ сторонамъ другой; 2. когда двѣ стороны и плоскій уголъ, между сими сторонами заключающій одной пирамиды, равны двумъ сторонамъ и плоскому углу, между ими содержащемуся другой пирамиды; 3. когда одна сторона и три плоскія угла къ сей сторонѣ принадлежащія порознь равны одной сторонѣ и тремъ къ ней принадлежащимъ плоскимъ угламъ и 4. когда шесть реберъ одной пирамиды порознь равны шести ребрамъ другой.

Digitized by Google

Ученіе, начертаніе и изчисленіе пирамидъ имѣетъ величайшую важность въ топографическихъ операціяхъ, когда точки которыхъ положеніе опредѣлить должно, не находятся въ одной плоскости. Тогда положеніе каждой наблюдаемой точки относится къ другимъ тремъ точкамъ, образующимъ принимаемый за основаніе трехугольникъ. Инструментами, какъ напримѣръ: Астролябіею, Повторительнымъ кругомъ и Теодолитомъ, измѣряютъ углы, которые образуетъ лучь зрѣнія, проходящій чрезъ каждую вершину принятаго за основаніе трехугольника съ бокомъ основанія, или съ плоскостію основанія, наблюдаемаго предмета, три луча зрѣнія проходящія чрезъ три бока основанія составляютъ пирамиду, коей вершина будетъ въ наблюдаемой точкѣ. Сіи сложныя дѣйствія, относятся къ ученымъ званіямъ, напримѣръ: къ Инженеръ — Географамъ, Географамъ и тѣмъ Землемѣрамъ, которыхъ дѣйствія имѣютъ важный предметъ.

Когда тѣло ограничено со всѣхъ сторонъ плоскостями, тогда и сіи самыя плоскости ограничиваются прямыми линіями, образующими плоскій многоугольникъ, а намъ извѣст-

Digitized by Google

но, что каждый многоугольникъ можно разбить на трехугольники, посему если возмемъ какую либо точку О, во внутренности тѣла АВС . . . . . (фиг. 21), то оную по нашему произволу можно разсматривать:

1) Какъ вершину столькихъ многосторонныхъ пирамидъ, сколько находится многоугольныхъ сторонъ въ тѣлѣ.

2) Какъ вершину такого числа трехсторонныхъ пирамидъ, сколько можно сдѣлать трехугольниковъ въ сторонахъ тѣла. Въ обоихъ случаяхъ, собраніе всѣхъ пирамидъ составитъ цѣлое тѣло.

Измѣреніе толстотъ тѣлъ, ограниченныхъ плоскостями. Для измѣренія площадей принятъ квадратъ, а для измѣренія толстотъ тѣлъ, принято тѣло, ограниченное со всѣхъ сторонъ квадратами и называемое *кубомъ*.

Измѣрить толстоту тѣла, значитъ опредѣлить сколько разъ въ ономъ содержится кубъ принятый за *единицу*. Займемся сначала опредѣленіемъ какимъ образомъ меньшимъ кубомъ можно измѣрять объемъ большаго куба.

Положимъ напримѣръ, что ребро большаго куба С (фиг. 14), содержитъ въ себѣ де-

Digitized by Google

сять реберъ меньшаго куба с. Разрѣжемъ большой кубъ на десять равной толщины слоевъ и параллельныхъ одной изъ сторонъ онаго. Толщина оныхъ будетъ ребро меньшаго куба. Поелику каждое изъ основаній сихъ слоевъ содержитъ въ себѣ десять разъ десять взятую сторону меньшаго куба, то каждый слой будетъ содержать въ себѣ десять разъ десять меньшихъ кубовъ. Слѣдовательно во всѣхъ десяти слояхъ будетъ находиться десять разъ, десятью десять маленькихъ кубовъ; умноженіе сіе выражается такъ: 10^3. Разсуждая подобнымъ образомъ, найдемъ, что 2 жды 2 раза 2 даютъ: 8, 3 жды 3 раза 3, даютъ: 27 и проч. Изъ сего видно, что если ребро большаго куба содержитъ ребро меньшаго . . . . .

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. разъ, то въ ономъ будетъ: 1. 8. 27. 64. 125. 216. 343. 512. 729. 1000 находиться меньшихъ кубовъ.

Для сокращенія говорятъ, что 8 *есть кубъ отъ* 2, 27 *кубъ отъ* 3, 64 *кубъ отъ* 4, и проч. Симъ выражается число маленькихъ кубовъ, содержащихся въ большемъ кубѣ,

Digitized by Google

крего ребро есть 2, 3, 4 . . . . . раза взятое ребро меньшаго.

Толстота четырехсторонной призмы равняется площади основанія умноженной на длину высоты призмы.

Пусть призма будетъ *прямая* (фиг. 15). Разрѣжемъ ее параллельно основанію на столько слоевъ, сколько разъ высота оной содержитъ въ себѣ единичныхъ мѣръ, то есть ребро малаго куба, принятаго за единицу. Сколько разъ основаніе слоя содержитъ въ себѣ сторону меньшаго куба, столько въ каждомъ слоѣ будетъ находиться маленькихъ кубовъ. Слѣдовательно все число маленькихъ кубовъ помѣщающихся въ призмѣ, равно числу означающему площадь основанія, умноженному на число, означающее длину высоты. Вотъ что называется произведеніемъ основанія на высоту.

Двѣ призмы, одна прямая AG, *а другая наклонная* Ag, *коихъ основанія и высоты равныя, имѣютъ и объемы или толстоты также равныя.*

Для доказательства сего я замѣчаю, что двѣ трехсторонныя призмы ABEFef и DCHGhg суть равны между собою. Въ самомъ дѣлѣ

Digitized by Google

высота ихъ есть одна и та же линія AB, а основанія AEe и DHh, суть два равные трехугольника, ибо AE=DH, а двѣ другія стороны относительно параллельны между собою. Но если къ параллелопипеду ABCDE FGH прибавлю трехсторонную призму DCGH hg и вычту равную ей ABEFfe, то получу четырехсторонную наклонную призму ABC Defgh. Слѣдовательно сія послѣдняя имѣетъ тотъ же объемъ или ту же толстоту, что и прямая призма одного съ ней основанія и одной высоты.

Легко увидѣть можно, что призмы ABCD EFGH и abcdefgh (фиг. 16), одной толстоты, какъ и всякая другая, имѣющая ту же высоту, и которой основаніе будетъ параллеллограммъ одинаковой площади съ прямоугольнымъ основаніемъ ABCD.

Толстота прямой трехсторонной призмы измѣряется произведеніемъ площади основанія на длину высоты ея.

Въ самомъ дѣлѣ четырехсторонная призма ABCDEFGH (фиг. 17), можетъ быть разбита на двѣ равныя трехсторонныя призмы, равенство сіе сохраняется всегда, каково бы ни было наклоненіе реберъ призмы,

Digitized by Google

при томъ же основаніи и при той же высотѣ. Площадь основанія ABC или ADC, трехсторонныхъ призмъ, есть половина площади ABCD основанія четырехсторонной призмы. Слѣдовательно толстота трехсторонной призмы равна площади основанія оной умноженной на длину высоты.

Толстота всякой вообще многосторонной призмы ABCDE abcde (фиг. 18), *измѣряется произведеніемъ изъ площади основанія на длину высоты.*

Призму сію можно разбить на столько трехсторонныхъ призмъ, сколько въ основаніи ABCDE можно сдѣлать трехугольниковъ ABC, ACD, ... Всѣ сіи призмы имѣютъ одну высоту, равную высотѣ многосторонной призмы, слѣдовательно сумма толстотъ ихъ или данной призмы будетъ равна суммѣ площадей трехугольниковъ ABC, ACD, ... уможенной на высоту призмы.

О нахожденіи толстотъ пирамидъ. Начнемъ сначала съ трехсторонной пирамиды.

Объемъ трехсторонной пирамиды, равенъ одной трети произведенія изъ площади основанія на длину высоты.

Digitized by Google

Для доказательства возмемъ какую нибудь трехсторонную призму AF (фиг. 19), и разсѣчемъ оную плоскостію ACE проходящею чрезъ бокъ основанія AC и чрезъ вершину угла E, то получимъ трехсторонную пирамиду ABCE, имѣющую съ призмою одно основаніе и высоту, и четырехсторонную пирамиду, которой основаніе есть ACFD, и E вершина, а сію раздѣлимъ плоскостію AEF также на двѣ пирамиды. Здѣсь будемъ имѣть обращенную пирамиду ADEF, которой основаніе есть DEF, а A вершина; пирамида сія какъ видно имѣетъ съ призмою одно основаніе и одну высоту. Наконецъ сравнивъ третію пирамиду ACFE съ ADEF, увидимъ, что объемы ихъ одинаковы, поелику можно взять за основанія ихъ трехугольники ADF=ACF, то онѣ будутъ имѣть одну вершину E. Слѣдовательно объемъ всей призмы будетъ равенъ объемамъ трехъ пирамидъ, имѣющихъ равныя съ нею основанія и высоты; посему произведеніе площади основанія каждой пирамиды на ея высоту, что составляетъ объемъ призмы, равно трижды взятому объему сей пирамиды.

Digitized by Google

Объемъ вообще какой ни есть пирамиды (фиг. 20) *есть третья часть произведенія изъ площади основанія на высоту.*

Для доказательства сей истины, раздѣлимъ основаніе пирамиды на трехугольники ABC, ACD, ADE, ... изъ коихъ каждое будетъ основаніемъ трехсторонной пирамиды, имѣющей вершину въ O. Толстота каждой изъ сихъ трехсторонныхъ пирамидъ будетъ имѣть мѣрою произведеніе изъ площади трехугольниковъ ABC, ACD, ... на длину третьей чъсти общей высоты OH. Слѣдовательно толстота всей пирамиды равна произведенію изъ площади ея основанія на длину высоты.

О нахожденіи толстоты тѣлъ, ограниченныхъ какимъ ни есть числомъ сторонъ (фиг. 21). Для сего внутри тѣла возмемъ какую либо точку O за вершину пирамидъ, имѣющихъ основаніями своими плоскости сторонъ тѣла. Площадь каждой изъ сихъ сторонъ умноженная на треть разстоянія оной до вершины O, будетъ соотвѣтствующая толстота пирамиды, а сумма всѣхъ сихъ произведеній составитъ толстоту всего тѣла. Дабы способъ сей можно было употре-

Digitized by Google

бить въ практикѣ, то должно умѣть брать внутри тѣла точку и измѣрять потомъ разстоянія оной до каждой повѣрхности тѣла. Иначе должны будемъ дѣлать весьма сложгеометрическія дѣйствія, которыя не способствуютъ ни скорости, ни простотѣ дѣйствій промышленности; но есть способъ легчайшій и скорѣйшій.

Прежде нежели покажемъ способъ сей, займемся изысканіемъ толстоты усѣченной трехсторонней призмы ABCDEF (фиг. 22) Призму сію какъ извѣстно можно разбить на три пирамиды, изъ коихъ первая имѣетъ основаніемъ ABC, а высотою BE, слѣдовательно объемъ оной будетъ основаніе ABC умноженное на треть BE; вторая пирамида имѣетъ основаніемъ ACF, а вершину въ точкѣ E, слѣдовательно равна пирамидѣ, имѣющей основаніемъ ACF, а вершину вь B, или пирамидѣ, коей основаніе есть ABC, а вершина въ точкѣ F. Третія пирамида ADFE равна пирамидѣ ADFB, которая опять равна пирамидѣ ABCD. Итакъ, *объемъ усѣченной призмы* ABCDEF *равенъ объему трехъ пирамидъ, имѣющихъ основаніе* ABC, *а вер-*

Digitized by Google

шины въ точкахъ D, E *и* F *находящихся, на концахъ трехъ реберъ призмы.*

Если три ребра перпендикулярны къ основанію, то объемъ трехъ пирамидъ, а слѣдовательно и усѣченной призмы будетъ, площадь ABC$\times\frac{1}{3}$ (AD сложенной съ BE и съ CF).

Положимъ что требуется опредѣлить толстоту призмы MNODEF (фиг. 23), взятой между двумя плоскостями наклонными къ ребрамъ сей призмы. Для рѣшенія сего требованія представимъ себѣ, что ABC перпендикулярна къ симъ ребрамъ, то будетъ:

Толстота ABCDEF=площади ABC$\times\frac{1}{3}$ (AD+BE+CF); толстота ABCMNO = площади ABC$\times\frac{1}{3}$ (AM+BN+CO).

Отнявъ нижнее изъ верхняго получимъ:

Толстота MNODEF = площади ABC$\times\frac{1}{3}$ (DM+EN+FO).

Основываясь на сихъ правилахъ весьма легко опредѣлить толстоту всякаго тѣла, ограниченнаго какимъ ни есть числомъ плоскостей, разлагая тѣло сіе на призмы и на усѣченныя трехсторонныя призмы, коихъ толстоту тотчасъ получимъ. Сумма всѣхъ сихъ толстотъ составитъ толстоту самаго тѣла.

Digitized by Google

Съ равною удобностію можно доказать что *полная призма или усѣченная четырехсторонная призма* ABCDEFGH (фиг. 24) *коей ребра перпендикулярны къ плоскости основанія* ABCD, *имѣетъ мѣрою толстоты произведеніе изъ площади основанія оной на четверть суммы четырехъ реберъ* AE, BF, CG и DH.

Для сего разложимъ призму сначала на двѣ трехсторонныя призмы ABCEFG и ADCEHG, потомъ на ABDEFH и BCDFGH.

Толстота первыхъ двухъ призмъ будетъ $=$ $\frac{1}{2}$ площади ABCD$\times\frac{1}{3}$ (AE$+$BF$+$CG$+$AE$+$DH$+$CG), а толстота другихъ двухъ $=$

$\frac{1}{2}$ площади ABCD$\times\frac{1}{3}$ (AE$+$BF$+$DH$+$BF$+$CG$+$DH)

Взявъ сумму сихъ двухъ произведеній получимъ удвоенную толстоту четырехсторонной призмы, $=\frac{1}{2}$ площади ABCD$\times\frac{1}{3}$ (3AE$+$3BF$+$3CG$+$3DH).

Слѣдовательно раздѣливъ на 2 получимъ толстоту четырехсторонной призмы.

$=\frac{1}{4}$ площади ABCD (AE$+$BF$+$CG$+$DH.

Приложеніе къ изчисленію подводной части кораблей. Во второй главѣ мы видѣли, что подводная часть корабля раздѣлена сѣ-

Digitized by Google

ченіями плоскостей ватерлиній, находящихся въ равныхъ между собою разстояніяхъ. Часть сія еще раздѣляется на вертикальные слои, другими плоскостями также между собою равноотстоящими. Плоскости сіи раздѣляютъ подводную часть корабля на прямыя съ равными основаніями призмы, усѣченныя съ каждаго бока корабля. Общій объемъ сихъ усѣченныхъ призмъ получится, чрезъ умноженіе общаго основанія на четверть четырехъ ребръ каждой призмы. Но каждое ребро служитъ четыремъ призмамъ (*); слѣдовательно объемъ всей подводной части равенъ площади одного изъ прямоугольниковъ, то есть произведенію разстоянія плоскостей ватерлиній на разстояніе вертикальныхъ плоскостей, и на простую сумму всѣхъ реберъ, расположенныхъ горизонтально, въ

(*) Исключая крайнія ребра, которыя служатъ только двумъ призмамъ и кои по сей причинѣ, могутъ быть взяты каждое по $\frac{1}{2}$ раза. Здѣсь могутъ быть также ребра, которыя служатъ одной только призмѣ, слѣдовательно таковыхъ должно брать $\frac{1}{4}$, чтобы прибавить въ общей суммѣ ребръ служащихъ четыремъ призмамъ.

Digitized by Google

одно время, на каждой вертикальной плоскости и на каждой изъ ватерлиній. Сіе дѣйствіе хотя и приближенное, но столь легкое, сколь и простое, что можетъ служить для изчисленія толстотъ и другихъ тѣлъ.

Два симметрическія тѣла имѣютъ равные объемы.

Въ самомъ дѣлѣ, если сіи тѣла разложимъ на усѣченныя трехсторонныя призмы, коихъ ребра суть параллельныя линіи опредѣляющія симметрію каждой усѣченной призмы MNODEF (фиг. 23), помѣщенной съ одной стороны плоскости симметріи и съ другой стороны усѣченной призмы mnodef, такъ что DM=dm, EN=en, FO=fo; объемы сихъ двухъ усѣченныхъ призмъ будутъ равны между собою. Слѣдовательно сумма всѣхъ усѣченныхъ призмъ перваго тѣла равна суммѣ соотвѣтствующихъ усѣченныхъ призмъ втораго тѣла. Итакъ *когда два ограниченные плоскостями тѣла, находятся въ симметріи, то объемы ихъ всегда равны между собою.* Свойство сіе будучи справедливо для какого угодно числа сторонъ, имѣетъ мѣсто, когда стороны тѣлъ столь малы, что

Digitized by Google

онѣ кажутся какъ будто ограничены кривымъ поверхностями а не плоскостями.

Слѣдовательно, *всякая плоскость симметріи тѣла раздѣляетъ его на двѣ равныя по объему части.*

Подобныя тѣла. Двѣ пирамиды ABCD и abcd (фиг. 25), суть подобны, когда всѣ сходственные ребра оныхъ AB и ab, BC и bc, CD и cd, AD и ad параллельны.

Очевидно, что трехугольники образованные соотвѣтствующими сторонами, имѣя бока параллельныя суть подобны. Слѣдовательно, три плоскіе угла, образующіе вершины двухъ пирамидъ, относительно равны между собою. Итакъ три ребра, образующія каждый толстый уголъ параллельны; слѣдовательно если уголъ abcd перенесемъ параллельно самому себѣ такимъ образомъ чтобъ точка a легка въ точку A, ab пала на AB, ac на AC и ad на AD, то плоскости abc и ABC, abd и ABD совмѣстятся, а посему и толстые углы A и a, двухъ пирамидъ будутъ равны между собою. Равнымъ образомъ докажется что толстые углы B и b C и c, D и d суть также равны между собою, изъ сего явствуетъ что всѣ условія, дабы два тѣ-

Digitized by Google

ла были подобны исполняется однимъ только условіемъ: что двѣ пирамиды имѣютъ сходственныя стороны параллельныя.

Если двѣ трехсторонныя пирамиды, не имѣютъ параллельныхъ сторонъ, но пропорціональныя ребра, то онѣ также подобны.

Въ самомъ дѣлѣ, поелику три ребра каждой соотвѣтствующей стороны пропорціональны, то стороны сіи подобны, а потому и плоскіе углы оныхъ равны, слѣдовательно также и толстые углы, которые образуютъ каждыя три стороны равны между собою. Потомъ и всѣ прочія условія пропорціональности будутъ выполнены.

Два тѣла, ограниченныя плоскостями суть *подобны*, когда сходственные ребра оныхъ пропорціональны, и сходственные углы, плоскіе или толстые, равны между собою. Въ самомъ дѣлѣ тѣла сіи всегда могутъ быть разбиты на пирамиды, имѣющія пропорціональные ребра, слѣдовательно и соотвѣтствующіе равные углы.

Объемы подобныхъ пирамидъ ABCDE . . . . и abcde . . . (фиг. 26), *пропорціональны кубамъ изъ сходственныхъ реберъ.*

Digitized by Google

Въ самомъ дѣлѣ, объемъ каждой пирамиды равенъ произведенію изъ площади основанія на треть ея высоты; но основанія BCDEF и bcdef будучи фигуры подобныя пропорціональны квадратамъ построеннымъ на сходственныхъ бокахъ оныхъ; посему будетъ, (фиг. 26). площади BCDEF: bcdef : : BCMN : bcmn.

Теперь на площадяхъ BCMN и bcmn какъ на основаніяхъ построимъ кубы, то объемы оныхъ будутъ:

$BC^3 = BC^2 \times BC$; $bc^3 = bc^2 \times bc$ но $BC : bc :: \frac{1}{3} AH : \frac{1}{3} ah$ слѣдов: $BC^3 : bc^3 :: BC^2 \times \frac{1}{3} AH : bc^2 \times \frac{1}{3} ah$.

Въ послѣдней пропорціи, два послѣдніе члена представляютъ объемы двухъ пирамидъ, а два первые члена представляютъ объемы двухъ кубовъ.

Объемы подобныхъ тѣлъ, ограниченныхъ какимъ ни есть числомъ сторонъ, относятся какъ кубы сходственныхъ реберъ.

Въ самомъ дѣлѣ, мы можемъ тѣла сіи разложить на одинакое число подобныхъ пирамидъ, которыхъ соотвѣтствующія стороны будутъ имѣть постоянное отношеніе 1 къ r. Но двѣ пирамиды, коихъ сходственныя

Digitized by Google

стороны относятся какъ 1 къ r, имѣютъ отношеніе объемовъ какъ 1 къ кубу изъ r. Придавъ съ одной стороны всѣ маленькія пирамиды, а съ другой всѣ пирамиды въ r^3 разъ большія, объемы будутъ относиться какъ $1 : r^3$.

Истолковывая главу сію учащимся, должно показывать имъ призмы и пирамиды равныя, подобныя, симметрическія, и проч. Также при истолкованіи слѣдующей главы надлежитъ показывать имъ цилиндры, конусы, шары и проч. съ сѣченіями хорошо сдѣланными.

Digitized by Google

ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

О *цилиндрахъ.*

Прямая линія, двигаясь по кривой AB CD . . . . . , (фиг. 1, 2, 3), сохраняя всегда одно направленіе параллельное данному, *производитъ* цилиндръ. Линія сія, по сей причинѣ называется *производящею* цилиндра. Каждая прямая Aa, Bb, Cc . . . . . , представляющая положеніе производящей называется *ребромъ* цилиндра.

Цилиндровъ существуетъ столько различныхъ родовъ, сколько находится различныхъ родовъ кривыхъ линій ABCD . . . . , которыя могутъ служить направленіемъ производящей. Даже при одной и той же кривой ABCD (фиг. 1 и 2), можно образовать множество различныхъ цилиндровъ, смотря по различному наклоненію, которое можетъ имѣть производящая прямая Aa, Bb, ...

Поелику предъ глазами Геометра, совершенно прямая линія обѣими концами простирается въ безконечность, то и цилиндръ, чтобы быть совершеннымъ, долженъ ребра-

Digitized by Google

ми своими, по обѣ стороны продолжаться въ безконечность. Но въ промышленности длина цилиндровъ всегда бываетъ ограниченна съ обѣихъ концовъ реберъ его; такимъ образомъ для художника всѣ цилиндры имѣютъ двѣ оконечности.

Когда цилиндръ съ одной стороны оканчивается плоскостію ABCD, то оную называютъ *основаніемъ*. Если же цилиндръ съ обѣихъ сторонъ оканчивается параллельными плоскостями, тогда говорятъ что онъ имѣетъ *два основанія*. Цилиндръ бываетъ *прямой* (фиг. 1), или *наклонной* (фиг. 2), смотря потому перпендикулярны или наклонны ребра его къ плоскостямъ *основаній*.

Иногда бываетъ, что одна изъ плоскостей, коими оканчивается цилиндръ не параллельна другой плоскости, какъ напримѣръ въ фиг. 8, гдѣ виденъ цилиндръ, ограниченный плоскостями ABCD и MNPQ. Въ такомъ случаѣ предполагаютъ, что плоскость MNPQ разсѣкаетъ цилиндръ ABCDabcd, имѣющій параллельныя основанія, тогда часть ABCDMNPQ, равно и abcdMNPQ называютъ *усѣченнымъ цилиндромъ*.

Digitized by Google

Цилиндръ имѣющій основаніемъ кругъ, именуется *круглымъ цилиндромъ.* Художники называютъ его просто цилиндромъ, поелику онъ имѣетъ исключительное употребленіе въ большей части отраслей промышленности.

Прямая линія Oo (фиг. 4). проходящая чрезъ центры круговъ, служащихъ основаніями цилиндру, есть *ось* цилиндра; ось сія проходитъ и чрезъ центры круговъ, образованныхъ сѣченіями цилиндра плоскостями параллельными двумъ основаніямъ.

По свойству доказанныхъ нами во второй главѣ параллельныхъ линій, поверхность цилиндра происходитъ: 1.) когда по кривой ABCD, движется прямая линія, принимающая постепенно параллельныя положенія Aa, Bb, Cc, Dd, ... , (фиг. 3); 2.) когда кривая ABCD, двигаясь по прямой линіи, принимаетъ постепенно параллельныя направленія ABCD, A'B'C'D', A''B''C''D'', и проч. такимъ образомъ, что одна и таже точка кривой, напримѣръ A, на ребрѣ Aa занимаетъ по очереди положенія A', A'', A''', ...

Художества, употребили въ пользу сіи два способа производить прямые и круглые цилиндры. Если они имѣютъ надобность да-

Digitized by Google

вать въ одномъ случаѣ большую непрерывность нежели въ другомъ, то предпочитаютъ первый случай второму, или второй первому.

1. *Составленіе цилиндра изъ реберъ.* Если требуется, чтобы направленіе реберъ цилиндра имѣло совершенную прямость, то *описываютъ* или *вписываютъ* въ кругѣ, весьма большаго числа сторомъ правильный многоугольникъ ABCDE, потомъ съ точностію дѣлаютъ столько плоскихъ граней или параллелограммовъ ABba, BCcb, и проч. (фиг. 3), сколько находится боковъ въ основаніи. Наконецъ стругомъ, топоромъ, скоблемъ, пилою или какимъ либо инымъ инструментомъ, способнымъ къ выдѣлыванію плоскостей, по направленію длины параллельныхъ прямыхъ Aa, Bb, Cc....., обрѣзываютъ соприкосновенныя ребра и округляютъ цилиндръ. Способъ сей удовлетворяетъ тому только условію, что поверхность цилиндра образована помощію прямыхъ параллельныхъ реберъ. Но симъ нельзя быть равномѣрно увѣреннымъ, что поверхность, которую они представляютъ имѣетъ повсюду обводомъ кругъ, поелику стругъ, топоръ и проч. производятъ непре-

Digitized by Google

рывность въ прямости реберъ, а не въ отношеніи окруженія обвода.

Приложеніе къ устроенію корабельныхъ мачтъ. Мачты и наипаче верхнія (стенги и брамъ стенги) требуютъ, чтобы поверхность ихъ по длинѣ была непрерывна, дабы ливерцы могли безъ сопротивленія скользить по онымъ снизу вверхъ и сверху внизъ; такимъ образомъ мастеровой выдѣлываетъ мачты сіи по способу нами только показанному.

II. Образованіе цилиндра помощію равныхъ параллельныхъ кривыхъ линій. Если дѣло идетъ только о непрерывности по направленію перпендикулярному къ длинѣ реберъ, то употребляютъ токарныя орудія. Помощію сихъ орудій постепенно описываютъ довольно большое число круговъ ABC, A'B'C', A''B''C'', ... (фиг. 4), дабы собраніе оныхъ изобразило цилиндръ. Очевидно, что полученная такимъ образомъ поверхность совершенно кругла и непрерывна по поперечному направленію, но въ семъ случаѣ нельзя ожидать непрерывности по продольному направленію.

Приложеніе къ образованію древокъ копья, банника и прочаго. Въ Англійскихъ арсе-

Digitized by Google

налахъ, для точенія цилиндрическихъ поверхностей употребляютъ слѣдующій способъ. Берутъ деревянную призму имѣющую четыре или восемъ граней, пропускаютъ оную чрезъ круглый стругъ. По мѣрѣ того какъ призма проходитъ чрезъ стругъ, рубанокъ ее округляетъ. Помощію сего способа образуется совершенно круглая цилиндрическая поверхность, если только призма совершенно прямая, но если жилки дерева склоняются въ сторону, то она дѣлается болѣе или менѣе изкривленною.

Если же требуется сдѣлать поверхность, которая должна быть совершенно цилиндрическою, то надлежитъ, чтобы она имѣла непрерывность *въ обоихъ случаяхъ*. Для сего, токарь устанавливаетъ долотцы свои помощію бруска параллельнаго оси цилиндра; такимъ образомъ сіи орудія находятся всегда въ одинаковомъ разстояніи отъ сей оси, и тогда можемъ быть увѣрены, что всѣ круги равны между собою, а ребра совершенно прямы.

Приложеніе къ рѣшеткамъ, и проч. Два способа дѣлать цилиндры соединяются вмѣстѣ, для дѣланія сквозныхъ цилиндриче-

Digitized by Google

скихъ поверхностей, каковы суть: рѣшетки. Для представленія реберъ употребляютъ проволоку, желѣзные полосы или деревянные бруски, или просто веревки, натянутыя въ прямой линіи. Кольца, сдѣланныя изъ одного вещества, имѣющія одинаковую величину и кривизну, представляютъ кривыя, равныя и параллельныя основаніямъ цилиндра. Потомъ ихъ спаиваютъ или связываютъ метталическою проволокою или инымъ чѣмъ, съ ребрами въ каждой точкѣ, гдѣ они пересѣкаются крестообразно, отъ сего получается совершенно цилиндрическая поверхность. Такимъ образомъ даютъ цилиндрическую фигуру турамъ, рѣшетчатымъ колоннамъ, клеткамъ, плетенкамъ, и проч.

Можно образовать опредѣленной величины цилиндры, чрезъ собраніе многихъ тонкихъ цилиндровъ, которые потомъ по внѣшности связавъ какими либо обручиками или ремнями. Таковы суть: фашины, употребляемые при военныхъ работахъ, связки копьевъ, дѣлаемыя для украшенія или для чего инаго, и проч.

Есть такія искуства, которыхъ главный предметъ состоитъ въ образованіи цилин-

Digitized by Google

дрическихъ поверхностей, чрезъ сгибаніе непрерывныхъ плоскостей. (Смотри десятую главу *о развертывающихся поверхностяхъ.*)

Такимъ образомъ дѣлатель четвериковъ, гарнцовъ и проч. беретъ дощечки хорошо сглаженныя и повсюду равно тонкія, дабы согнуть ихъ по извѣстной формѣ и по различнымъ размѣреніямъ. Четверикомъ, гарнцомъ называютъ цилиндры употребляемые для мѣры зеренъ.

Дабы цилиндрическая форма сихъ четвериковъ неизмѣнялась, то мастеровые придѣлываютъ къ онымъ плоскія и твердыя дны, подобно днамъ бочекъ, а къ верхнему краю сихъ четвериковъ иногда придѣлываютъ желѣзныя кольца и одинъ или два желѣзныя діаметра, что препятствуетъ мѣрамъ симъ принимать неправильную фигуру и перемѣнять ихъ непрерывность.

Котельщикъ, жестяникъ и *кровельщикъ*, часто выдѣлываютъ цилиндрическія поверхности, изъ весьма тонкихъ листовъ мѣди, желѣза и жести; поверхность сія есть наилегчайшая изъ всѣхъ кривыхъ поверхностей, которыя они дѣлаютъ. Таковы суть различныя мѣдныя трубы, печныя трубы, желоба

Digitized by Google

для стока воды, и проч. мастеровымъ симъ обыкновенно даютъ длину и діаметръ каждой трубы, по которому они опредѣляютъ окружность оной, умноживъ же окружность сію на требуемую длину трубы, узнаютъ какой величины должна быть поверхность листа мѣди, желѣза, или жести изъ котораго они работать должны.

Должно однакожъ не забывать прибавить: 1) къ окружности трубы, ширину равную закрайнѣ каждаго листа, которыя для образованія цилиндра кладутся одна на другую; 2) къ длинѣ каждой трубы излишекъ равный длинѣ, на которую одинъ конецъ входитъ въ другой.

Котлы паровыхъ машинъ, должны почитаться между величайшими произведеніями, которые котельщики дѣлаютъ по цилиндрическимъ формамъ; но котлы сіи не имѣютъ круглаго основанія (смотри фиг. 5). Дабы соединить многія листы желѣза или мѣди, изъ которыхъ составляется большой котелъ, должно употреблять цилиндрическіе гвозди, или заклѣпки, проходящія сквозь листы съ такою точностію, что никакая часть пара между ими и листами пройти

Digitized by Google

не можетъ. Цѣли сей достигаютъ помощію собранія четырехъ или пяти пунсоновъ, ровно между собою отстоящихъ и образующихъ одну матрицу. Матрица сія можетъ по перемѣнно то понижаться, то возвышаться, помощію весьма сильнаго механическаго прибора. Листъ желѣза, въ которомъ надобно пробить дырья, дабы чрезъ оныя могли проходить цилиндрическія заклепы, кладется на станокъ. Станокъ сей во время пониженія матрицы остается не подвижнымъ, чтобы всѣ пунсоны проходили чрезъ листы, на требуемое разстояніе. Когда матрица, пробивъ цилиндрическія дырья поднимается, то листъ идетъ впередъ на такую длину, что пунсоны опускаясь снова пробиваютъ четыре или пять слѣдующихъ дырьевъ, на разстояніи соотвѣтствующемъ первымъ.

Таковы средства употребляемыя для приготовленія точнаго собранія, не только металлическихъ листовъ, изъ коихъ составляются большіе котлы паровыхъ машинъ, но и листовъ служащихъ для внѣшней обивки желѣзомъ кораблей, для водяныхъ ящиковъ, недавно введенныхъ въ мореходствѣ, и проч.

Digitized by Google

Замѣтимъ о сихъ желѣзныхъ ящикахъ, которые имѣютъ форму куба или прямой усѣченной призмы, что ребра сихъ кубовъ или сихъ призмъ, затуплены и замѣщаются частями желѣзныхъ листовъ, скругленныхъ на четверть прямаго круглаго цилиндра.

Свинечникъ и *дѣлатель органовъ*, дѣлаютъ трубки цилиндрической формы. Для образованія сихъ трубъ можно ихъ сгибать подобно тому какъ сгибаютъ котельщики и жестянники или вытягивать чрезъ волочильню.

Образованіе цилиндровъ чрезъ вытягиваніе. Я хочу описать здѣсь практическій способъ, употребляемый въ Чатамскомъ арсеналѣ, для образованія изъ свинца пустыхъ цилиндровъ данной толстоты и даннаго діаметра.

Пусть ABCD (фиг. 6), будетъ сплошной цилиндръ, имѣющій діаметръ равный внутреннему діаметру пустаго цилиндра, который сдѣлать должно. Начинаютъ выливаніемъ около сплошнаго цилиндра, или около матрицы того же діаметра, свинцоваго цилиндра но толще и короче того, который сдѣлать должно. Потомъ продѣваютъ сплошной ци-

Digitized by Google

линдръ ABCD въ пустой цилиндръ и все вмѣстѣ пропускаютъ чрезъ круглыя отверстія волочильни, наблюдая чтобы при каждомъ повтореніи пропускать ихъ постепенно чрезъ меньшія отверстія. Дѣйствіемъ симъ, пустой цилиндръ утончается и вытягивается, сохраняя внутренній діаметръ равный діаметру цилиндра ABCD. Такимъ образомъ приводятъ его постепенно къ требуемой толстотѣ. Способомъ симъ полученные цилиндры имѣютъ совершенную не прерывность какъ по направленію реберъ, такъ и по окружности, если только твердый цилиндръ ABCD сдѣланъ вѣрно.

Различной толщины металлическія проволоки, равнымъ образомъ и круглые желѣзные полосы, суть цилиндры, которые дѣлаютъ, приведеніемъ ихъ къ приличному діаметру помощію *вытягиванія*. Ихъ пропускаютъ чрезъ круглыя отверстія *волочильнъ*. Отверстія сіи бываютъ одни другихъ менѣе, дабы каждый пропускъ постепенно уменьшалъ толщину полосы или проволоки.

Образованіе цилиндровъ чрезъ разплавленіе и отливаніе. Таковы суть чугунныя трубы, употребляемыя въ нашихъ городахъ,

Digitized by Google

для проведенія воды и пара; таковы суть трубы употребляемыя для стволовъ насосовъ водяныхъ, воздушныхъ, паровыхъ и проч.

Образованіе цилиндровъ сверленіемъ. Отливаніе можно употребить для такихъ только трубъ, которыя служатъ для проведенія воды, гдѣ не требуется чрезвычайной точности въ формахъ. Но для трубъ, требующихъ математической строгости, каковы на примѣръ стволы насосовъ, также какъ внутренности каналовъ: пушекъ, единороговъ и мортиръ, то должно прибѣгать къ средствамъ болѣе точнѣйшимъ, каково есть дѣйствіе *сверленія.* (Смотри, главу двѣнадцатую о *поверхностяхъ вращенія.*)

Образованіе цилиндровъ чрезъ пиленіе. Наконецъ можно сдѣлать цилиндръ помощію пилы: 1. держа крѣпко то тѣло, которое пилить хотимъ, и двигая пилу параллельно данному направленію, между тѣмъ какъ она слѣдуетъ по кривой прежде на томъ тѣлѣ начерченной линіи: такимъ образомъ поступаютъ пильщики досокъ; 2. заставляя подниматься и опускаться пилу въ собственномъ ея направленіи, ни придвигая ее впередъ, ни отдвигая назадъ и давая тѣлу, ко-

Digitized by Google

торое пилятъ, приличное криволинейное движеніе. Такимъ образомъ выдѣлываютъ цилиндрическія поверхности въ *пильныхъ мѣльницахъ*.

Образованіе цилиндровъ Архитекторами. Когда Архитекторъ хочетъ произвести цилиндрическую поверхность, каковы суть арки воротъ, сводовъ, мостовъ, и проч. то начинаетъ устроеніемъ *кружалъ*, имѣющихъ выпуклую цилиндрическую поверхность и совершенно сходную съ обводомъ арки, которую устроить должно. Для сего въ нѣкоторыхъ между собою разстояніяхъ устроиваетъ многоугольники ABCDE (фиг. 7), вписанные въ окружности арки, многоугольникамъ симъ даютъ довольно большое число сторонъ, чтобъ они съ аркою образовали сегменты, которые бы безъ большей траты дерева удобно можно было наполнить. Наполнивъ сегменты сіи кусками дерева, кладутъ на нихъ одну возлѣ другой прямыя доски, видимыя въ фиг. 7 съ одного конца. Верхняя поверхность сихъ досокъ образуетъ цилиндрическую поверхность, на которую каменьщики кладутъ сводные каменья.

Digitized by Google

Мѣра поверхности цилиндровъ. Поверхность цилиндра можно разсматривать, какъ будто составленную изъ такого числа реберъ, какое только глазъ нашъ примѣтить въ состояніи, проводя ихъ одно возлѣ другаго столь близко, сколько возможно; а самый цилиндръ какъ призму, ограниченную весьма большимъ числомъ чрезвычайно узкихъ граней.

Посему обводъ основанія есть многоугольникъ, совмѣщающійся въ глазахъ нашихъ съ тѣмъ, который служитъ основаніемъ призмы.

Если цилиндръ прямой, то поверхность его (несчитая основаній) *равна обводу одного изъ сихъ основаній, умноженному на высоту цилиндра.*

Вся поверхность прямаго круглаго цилиндра вмѣстѣ съ его основаніями, равна окружности одного изъ основаній, умноженной на длину одного изъ реберъ съ длиною радіуса основаній.

Призму ABCD.... abcd.... (фиг. 8), можно разрѣзать по ребру Aa и двигать по порядку каждую изъ граней, BbcC, CcdD, и проч. дабы привести ихъ въ одну плоскость съ гранею AabB. Въ такомъ случаѣ обра-

Digitized by Google

зуется плоская фигура, составленная изъ параллельныхъ линій Aa, Bb, Cc . . . . (фиг. 9), и изъ сторонъ AB, BC, CD, DE . . . . . , ab, bc, cd, de . . . . перпендикулярныхъ къ симъ параллельнымъ линіямъ, сіе необходимо требуетъ, чтобы ABCDE . . . . и abcde . . . , были двѣ параллельныя и перпендикулярныя линіи къ бокамъ Aa, Bb, и проч. Прямоугольникъ, такимъ образомъ полученный (фиг. 9), есть то, что называютъ *развернутою поверхностію призмы*. Поверхность призмы есть *развертывающаяся* поверхность, поелику сіе развертываніе не требуетъ, чтобы части поверхностей AabB, BbcC, и проч. вытягивались или сжимались, дабы оставаться соприкосновенными своими боками, и чтобъ образовать непрерывную плоскость. Въ послѣдствіи времени мы посвятимъ одну главу *развертывающимъ поверхностямъ*, между которыми можно помѣстить и цилиндры, разсматриваемые какъ призмы, имѣющія безконечно большое число сторонъ.

Сдѣлаемъ теперь въ прямомъ цилиндрѣ (фиг. 8), два косвенныя и параллельныя сѣченія MNPQ и mnpq, потомъ положимъ что требуется измѣрить цилиндрическую поверх-

Digitized by Google

ность, находящуюся между сими двумя линіями. Очевидно что части реберъ Mm, Nn, Pp, Qq .... будучи прямыми параллельными линіями, взятыми между параллельными же плоскостями, суть равны между собою. Если же будемъ разсматривать цилиндръ, какъ призму, имѣющую весьма большое число граней, то площади параллелограммовъ представляющія каждую грань, будутъ:

площадь MmnN=AB умнож. на ... Mm
— — NnpP =BC — — — Nn=Mm
— — PpqQ =CD — — — Pp=Mm и проч.

Итакъ, наконецъ площадь поверхности MNPQ .... mnpq=ABCD умноженной на Mm.

То есть равна обводу основанія ABCD ...., умноженному на длину одной изъ частей реберъ, взятыхъ между параллельными плоскостями.

Если требуется измѣрить площадь поверхности усѣченнаго цилиндра ABCD .... MNPQ (фиг. 8), то для сего должно развернуть цилиндрическую поверхность, отмѣчая длину каждаго ребра AM, BN, CO...., означить такимъ образомъ на развернутіи (фиг. 9) поверхность AB CD .... MNPQ. Предположивъ, что цилиндръ есть призма, имѣющая весьма большое чи-

Digitized by Google

сло равныхъ граней, AB=BC=CD . . . будетъ поверхность усѣченнаго цилиндра AB CD . . . . . MNPQ . . .=AB(AM+BN+CP+DQ . . . . .), то есть, *ширинѣ одной изъ граней, умноженной на сумму боковъ сихъ граней.*

Измѣреніе объема цилиндровъ. Разсматривая цилиндръ какъ призму, имѣющую весьма большое число граней, увидимъ что объемъ его равняется площади основанія умноженной на высоту цилиндра.

Основаніе прямаго круглаго цилиндра, будучи кругомъ, имѣетъ площадь равную произведенію изъ длины окружности сего круга на половину радіуса.

Слѣдовательно *объемъ сего цилиндра равенъ длинѣ окружности основанія, умноженной на половину радіуса сего основанія, и на высоту цилиндра.*

Поелику призмы наклонныя, или прямыя, того же основанія и той же высоты равны между собою, то и *цилиндры, наклонные или прямые, имѣющіе одинакіе основанія и высоты, также равны между собою.*

Digitized by Google

Объемъ усѣченнаго круглаго прямаго цилиндра также весьма легко опредѣлить. Пусть ABC (фиг. 10), будетъ кругъ, служащій основаніемъ сему цилиндру, а Oo ось, то объемъ усѣченнаго цилиндра ABCef . . . . , равенъ площади основанія умноженной на ось Oo, то есть, равенъ объему прямаго цилиндра, имѣющаго Oo высотою.

Для доказательства истины сей, представимъ себѣ прямой цилиндръ ABCamcn, коего верхнее основаніе имѣетъ центръ въ точкѣ O. Я говорю, что два объема amne и cmnf, суть равны между собою. Въ самомъ дѣлѣ, здѣсь замѣчаемъ, что o есть центръ круга amcn, а діаметръ mon раздѣляетъ сей кругъ на двѣ равныя части.

Теперь, около mn какъ около шарньера, обернемъ на два прямыхъ угла объемъ mnae, то полукругъ mna совпадетъ съ полукругомъ mnc и всѣ части реберъ, какъ ae и проч. совпадутъ съ ребрами fc, и проч.; наконецъ плоскость mne совмѣстится съ плоскостію mnf. Итакъ, два объема находятся между тремя совмѣщающимися поверхностями, то ясно, что они равны между собою. Но прямой цилиндръ, относительно усѣченнаго ABCef,

Digitized by Google

имѣетъ часть mnae приданною, а mncf отнятою, слѣдовательно два цилиндра объемами равны между собою, и мѣра одного будетъ мѣрою другаго.

Равномѣрно, если есть секторы круга AOB (фиг. 11), то также есть *секторы цилиндра*, которые имѣютъ основаніемъ секторъ круга и ограничены съ одной стороны ABba также поверхностію цилиндра, а съ другихъ двухъ сторонъ, двумя плоскостями AaoO и BboO, проходящими чрезъ ось цилиндра Oo.

Сегментъ цилиндра, имѣетъ основаніемъ сегментъ круга ABC (фиг. 12), а прочія стороны онаго суть: 1. часть поверхности цилиндра ACBbca; 2. плоскость ABba параллельная оси и представляющая фигуру параллелограмма.

Приложеніе свойствъ цилиндра къ опредѣленію тѣни. Лучи солнца достигая до насъ, дѣлаются параллельны, съ такою нечувствительною разницею, что наиточнѣйшими инструментами весьма трудно опредѣлить наималѣйшую разность направленія двухъ солнечныхъ лучей, падающихъ одинъ отъ другаго въ довольно значительныхъ разстояніяхъ, какъ напримѣръ на противуположныя оконечности

Digitized by Google

большаго строенія. Вотъ причина почему лучи, исходящія отъ солнца въ художествахъ разсматриваются какъ совершенно параллельные.

Когда дверь, или окно, или арка свѣденная дугою круга ABCDE (фиг. 13) освѣщается солнечными лучами Aa, Bb, Cc, Dd, Ee, ... то лучи сіи будучи прямыми, между собою параллельными линіями, проходя чрезъ окружность круга образуютъ цилиндръ или призму, коей основаніе есть ABCDE. Цилиндръ сей отдѣляетъ всю часть пространства освѣщеннаго солнцемъ внутри двери, окошка или свода, отъ другой части онаго въ тѣни находящейся.

Посему, разсматриваніе цилиндровъ по ихъ фигурѣ и по ихъ положенію, составляетъ весьма важной предметъ при опредѣленіи частей освѣщенныхъ и находящихся въ тѣни, въ Архитектурѣ, живописи и вообще во всѣхъ рисовальныхъ искуствахъ.

Въ слѣдующихъ главахъ, мы дадимъ средства рѣшать геометрически, главные вопросы относящіеся къ тѣнямъ.

Приложеніе свойствъ цилиндра къ Начертательной Геометріи. Одно изъ полез-

Digitized by Google

нѣйшихъ приложеній свойствъ цилиндра, состоитъ въ употребленіи его поверхности, для представленія на планахъ очертанія или проэкцій какихъ либо кривыхъ линій.

Представимъ себѣ, что находящуюся въ пространствѣ кривую ABCDE . . . . (фиг. 14), должно представить на плоскости проэкцій MNPQ. Для сего изъ каждой точки сей кривой линіи опустимъ перпендикуляры на плоскость, то рядъ точекъ a, b, c, d, e . . . . , служащихъ на сей плоскости основаніями перпендикуляровъ, образуютъ кривую, которая и будетъ представлять геометрическое изображеніе кривой въ пространствѣ, или какъ говорятъ *проэкцію* кривой ABCDE.

Обыкновенно проэктируютъ каждую кривую на двѣ плоскости MNPQ и PQRS, между собою перпендикулярныя, такъ что проэктирующія линіи Aa, Bb, Cc, ... , перпендикулярныя къ первой плоскости, будутъ параллельны другой, а проэктирующія линіи Aa′, Bb′, Cc′ . . . . перпендикулярныя ко второй будутъ параллельны первой. Двѣ проэкціи abcde и a′b′c′d′e′, какъ мы увидемъ, говоря о пересѣченіи поверхностей, удовлетворяютъ

Digitized by Google

совершенному опредѣленію кривой ABCD E...., которую онѣ представляютъ.

Мы знаемъ, что помощію плоскости можно образовать цилиндръ, и обратно помощію цилиндра можно образовать плоскость.

Приложеніе цилиндра къ земляным работамъ. Цилиндромъ, который катаютъ по дорогѣ, не давно усыпанной пескомъ, по дерновому лугу, или по землѣ не давно вспаханной, сжимаютъ выдающіяся части, дабы привести ихъ въ одну плоскость со входящими частями, отъ чего земля выравнивается и дѣлается плоскостію.

Приложеніе цилиндра къ слоенію тѣста. Булошники употребляютъ деревянный цилиндръ, называемый ими *скалкою*, который они катаютъ по тѣсту, прижимая и двигая его руками, дабы сплющить тѣсто и образовать листы, ограниченные сверху и снизу плоскостями.

Соединеніе цилиндровъ: плющильны. Вмѣсто того, чтобы для произведенія плоскостей употреблять одинъ цилиндръ, нашли болѣе выгоды соединять по два, дѣлая ихъ оси параллельными. Пусть AB и ab (фиг. 15), будутъ оси двухъ цилиндровъ, которые мо-

Digitized by Google

жно по произволу приближать или удалять одинъ отъ другаго. Когда двѣ оси укрѣплены совершенно параллельно, а цилиндры сдѣланы со всею возможною вѣрностію, то разстояніе между сими цилиндрами всегда будетъ одинаковое. Положивъ сіе, если пропустимъ между сими двумя цилиндрами металлическую доску или какое другое вещество способное плющиться, доска должна будетъ уменьшаться въ толщинѣ своей и дѣлаться таковою, каково было разстояніе между цилиндрами.

Если послѣ перваго пропуска доски между цилиндрами, не много ихъ приблизить, дабы снова пропускать между ими доску, то она сдѣлается еще тонѣе на количество равное новому приближенію цилиндровъ. Способомъ симъ можно постепенно приводить доски въ листы желаемой толщины; таково есть дѣйствіе плющильнъ.

Приложеніе къ бумагодѣланію. Промышленность изобрѣла безчисленное множество приложеній сего свойства цилиндровъ. Два цилиндра обтянутые сукномъ, сгнѣтаютъ и производятъ непрерывные листы изъ бумажнаго состава, такой длины, какой поже-

Digitized by Google

лаютъ, которые по сей причинѣ называются *безконечными листами*.

Приложеніе къ книгопечатанію. На цилиндрахъ значительнаго діаметра, помѣщаются типографскія буквы, нужныя для напечатанія листа. Сіи большіе цилиндры касаются другихъ цилиндровъ, обтянутыхъ кожею и снабженныхъ краскою, которую напитанная кожа въ приличномъ количествѣ намазываетъ типографскія литеры. Потомъ листъ бумаги, проходитъ между двумя съ буквами цилиндрами и получаетъ на себѣ отпечатокъ. Средствомъ симъ можно печатать съ чрезвычайною быстротою; наипаче оно можетъ быть полезно для печатанія публичныхъ газетъ и журналовъ, каково бы ни было число экземпляровъ, ибо время между составленіемъ оныхъ и пересылкою весьма коротко.

Равнымъ образомъ употребляютъ цилиндры для набиванія на тканяхъ рисунковъ всѣхъ родовъ, которые вырѣзываются на мѣдныхъ цилиндрахъ.

Весьма любопытное приложеніе цилиндровъ, можно видѣть въ замысловатомъ станкѣ для печатанія игральныхъ картъ, на Александровской Манифактурѣ.

Digitized by Google

Литографское печатаніе. Въ Литографскомъ станкѣ употребляется одинъ только цилиндръ. Листъ бумаги кладется на камень, на которомъ сдѣланъ рисунокъ и на которомъ уже положена краска, потомъ по всѣму проходитъ цилиндръ, производя вездѣ равномѣрное давленіе, отъ чего произходитъ равенство и красота оттисковъ.

Оттиски гравировки на мѣди. Для печатанія мѣдными досками, плоская доска и листъ бумаги, долженствующій получить отпечатокъ, пропускаются вмѣстѣ между двумя цилиндрами, которые ихъ одну къ другому прижимаютъ.

Приложеніе соединенія двухъ цилиндровъ къ обдѣлыванію желѣза и приведенію его въ полосы. Слѣдуя древнему обыкновенію употребляютъ еще и теперь почти на всей твердой землѣ Европы, слѣдующій образъ выдѣлки желѣза: сильно разкаливши сплавленную массу желѣза, называемую *крицою*, кладутъ на наковальню, гдѣ бьютъ по ней весьма тяжелыми молотами, отъ чего выходитъ вонъ нечистая матерія или *шлакъ*, который крица сія въ себѣ заключаетъ. Дѣйствіемъ молота желѣзо при-

Digitized by Google

водится въ призмы или полосы болѣе или менѣе правильной фигуры. Съ нѣкотораго времени, Англичане начали употреблять два цилиндра, для замѣненія оными съ величайшею правильностію, грубую работу молотомъ. Представимъ себѣ два цилиндра, сдѣланныхъ такимъ образомъ, что приставленные вмѣстѣ образуютъ отверстія, коихъ профиль есть рядъ ромбовъ, одинъ другаго меньше, какъ въ фигурѣ 16, или прямоугольниковъ, коихъ ширина становится менѣе, какъ въ фигурѣ 17. Крица достаточно выкованная четырехугольною, пропускается между цилиндрами, и поперемѣнно чрезъ отверстія 1, 2, 3 . . . . , которыя уменьшаясь въ своей величинѣ, приводятъ крицы въ полосы квадратные или плоскіе. Способъ сей имѣетъ ту большую выгоду, что частицы желѣза вытягиваются весьма правильно.

Приложеніе цилиндровъ къ чесанію. Изъ превосходнѣйшихъ приложеній цилиндровъ, есть примѣненіе оныхъ къ чесанію хлопчатой бумаги и шерсти, также какъ и для раздѣленія конопла и льна.

Digitized by Google

Два цилиндра (фиг. 18), установленные сколь возможно параллельнѣе, снабжаются штифтами правильно усаженными на поверхности сихъ цилиндровъ, такимъ образомъ что штифты одного легко зацѣпляютъ за штифты другаго. Когда хлопчатую бумагу, шерсть, конопель или ленъ пропустить между сими цилиндрами, которые вращаются въ противныя или въ одну сторону, но съ различными скоростями, должно чтобы волокна сихъ веществъ вытягивались параллельно и сходя съ цилиндровъ образовала плоскую рыхлую тесьму.

Приложеніе цилиндровъ къ пряденію хлопчатой бумаги, конопли, и проч. Соединяютъ прямой гладкой цилиндръ AB съ бороздчатымъ CD (фиг. 19). Пряжа проволачивается между двумя цилиндрами, а потомъ между двумя другими параллельными первымъ, но вращающимися съ большею скоростію. Отъ сего часть пряжи, находящаяся между двумя парами цилиндровъ вытягивается пропорціонально разности скоростей сихъ двухъ паръ цилиндровъ. Вытягивая такимъ образомъ пряжу, дѣлаютъ ее тонѣе, что составляетъ

Digitized by Google

величайшую выгоду новыхъ прядильныхъ машинъ.

Отработка бороздчатыхъ цилиндровъ, составляетъ одно изъ важнѣйшихъ дѣйствій промышленности и требуетъ чрезвычайной точности. Малѣйшая погрѣшность въ параллельности бороздокъ и въ равенствѣ діаметровъ цилиндровъ, достаточна чтобы произвести разности въ весьма тонкихъ нитяхъ пряжи, отъ чего потеряется вся выгода въ крѣпости и равенствѣ нитей соразмѣрно тонкинѣ ихъ.

Дѣланіе бороздковъ на цилиндрахъ. Для сего употребляютъ механизмъ, раздѣляющій кругъ на равныя части, по способу описанному нами въ третьей главѣ. Опредѣливши число бороздокъ и положивъ на кругъ дѣленія, дающій сіе число, начинаютъ первую бороздку рѣзцомъ, идущимъ по длинѣ бруска, совершенно параллельно оси цилиндра, который потомъ опять идетъ назадъ. Сдѣлавъ первую бороздку идутъ впередъ, отъ точки указателя раздѣленій круга. Цилиндръ представляется въ положеніи способномъ для отработки второй бороздки, которую вы-

Digitized by Google

дѣлываютъ тѣмъ же остреемъ, и такъ далѣе.

Цилиндры часто соединяются и другимъ образомъ. Сплошной цилиндръ входитъ въ пустой; таково есть дѣйствіе поршня въ насосѣ (фиг. 20) и пробки въ бутылкѣ; таково есть дѣйствіе двухъ частей футляра (фиг. 21), круглой табакерки (фиг. 22) и проч.

Также употребляютъ пустые цилиндры помѣщающіеся одни въ другихъ. Таковы суть зрительныя трубы, которыя могутъ выдвигаться какъ AB (фиг. 23) и вдвигаться какъ ab. Очевидно что здѣсь все состоитъ въ точной выдѣлкѣ пустыхъ цилиндровъ, какъ повнутренности такъ и повнѣшности, отъ чего зависитъ легкій и точный ходъ совмѣщенія инструментовъ сего рода.

Помощію соединенія цилиндровъ Англичане произвели длинныя линіи трубъ, употребляемыхъ ими для провода воды въ городахъ. Желѣзо весьма примѣтно отъ увеличенія теплоты расширяется, а при уменьшеніи оной опять сжимается. Если бы трубы были сдѣланы весьма длинны, и при томъ такъ чтобы онѣ не могли свободно двигаться, то

Digitized by Google

не премѣнно бы разломались. Для уничтоженія сего оканчиваютъ каждый конецъ трубы цилиндромъ ABFD (фиг. 24), который гораздо шире трубы CF. Въ сію широкую часть входитъ не большой конецъ mn слѣдующей трубы. Совмѣщеніе сіе таково, что двѣ трубы, могутъ одна въ другой не много скользить, несмотря на запайку ихъ соединяющую, и такимъ образомъ смотря по измѣненію температуры могутъ въ длинѣ своей увеличиваться или уменьшаться.

Digitized by Google

Digitized by Google

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

Коническія поверхности.

Поверхность SABCDE (фиг. 1), описанная движеніемъ прямой линіи, проходящей всегда чрезъ одну точку S и чрезъ каждую точку кривой ABCDE называется *коническою поверхностію*. Прямыя SA, SB, SC...., суть *ребра*, а точка S есть *вершина* конуса.

Въ частномъ случаѣ, когда вершина S и кривая ABCDE находятся въ одной плоскости, поверхность конуса содѣлается поверхностію сей самой плоскости. Итакъ лошадь, бѣгая въ манежѣ и обращая прямой рычагъ, идущій отъ вала манежа до точки гдѣ привязана лошадь, описываетъ конусъ SABCD (фиг. 3), когда вершина находится внѣ кривой ABCD...., пробѣгаемой точкою, въ которой привязана лошадь. Но когда рычагъ горизонталенъ, то конусъ сей сдѣлается плоскостію; поелику тогда вершина S будетъ находиться въ плоскости круга abcd, пробѣгаемаго лошадью. Ребра Sa, Sb, Sc...., будутъ въ семъ случаѣ радіусами сего круга.

Digitized by Google

Геометрія разсматриваетъ конусы (фиг. 1), какъ такія поверхности, которыя можно продолжать безконечно въ обѣ стороны, равно какъ и прямыя линіи составляющія ея ребра. Она разсматриваетъ, какъ будто одну поверхность двухъ конусовъ, образованныхъ частями каждаго ребра по ту и другую сторону *вершины*, которая по сей причинѣ называется также *центромъ конуса*.

Промышленность представляетъ нѣкоторые примѣры сихъ полныхъ или двойныхъ конусовъ. Песочные часы (фиг. 2) употребляемые на корабляхъ для измѣренія времени, составляются изъ двухъ конусовъ такимъ образомъ расположенныхъ.

Въ теченіи какого либо времени, принятаго за единицу, весь песокъ изъ верхняго конуса пересыпается въ нижній, покоторому считаютъ столько единицъ времени, сколько разъ нужно было перевертывать конусъ.

Въ художествахъ, конусы всегда почти имѣютъ ограниченное употребленіе и въ нихъ разсматривается вообще одна только часть SABCD (фиг. 1).

Digitized by Google

Когда конусъ ограничивается плоскостію ABCDE (фиг. 1), то оную называютъ *основаніемъ конуса*. Въ сей главѣ мы будемъ предполагать что каждый конусъ ограничивается плоскостію.

Конусъ прямой, круглый или *правильный* наипростѣйшій изъ всѣхъ родовъ конусовъ, есть тотъ который основаніемъ ABCDEF.... (фиг. 3) имѣетъ *кругъ* и въ которомъ вершина S находится на оси круга SO. Прямая сія есть также ось конуса.

Круглый наклонный конусъ (фиг. 5), имѣетъ основаніемъ также кругъ, но ребра его не всѣ равны между собою и прямая линія SO, проведенная отъ вершины до центра основанія не перпендикулярна къ плоскости сего основанія.

Въ правильномъ конусѣ, ребра SA, SB, SC, (фиг. 3), будучи наклонными равноудаленными отъ основанія оси SO перпендикулярной къ плоскости круга, суть равны между собою. И такъ всѣ ребра сего конуса суть равныя и составляютъ съ осью равный уголъ.

Положимъ, что на конусѣ произведенномъ нашими искуствами, проведено такое число

Digitized by Google

весьма тонкихъ реберъ, что они представляютъ взору нашему изображеніе поверхности, совершенно непрерывной и покрытой линіями, которыхъ разстоянія при томъ столь малы, что глазъ не въ состояніи оныхъ примѣтить, то поверхность конуса такимъ образомъ составленная изъ маленькихъ трехугольниковъ, заключающихся между его ребрами, не будетъ такъ сказать различествовать отъ поверхности геометрическаго конуса. Одну изъ сихъ поверхностей можно принять за другую, поелику погрѣшность, если она только есть, будетъ столь мала, что мы оную чувствами постигнуть не въ состояніи, а посему для промышлинности она будетъ ничтожна.

Слѣдовательно конусъ всегда можно разсматривать какъ пирамиду, имѣющую весьма большое число трехугольныхъ граней, коихъ ширина чрезвычайно мала, а высота есть длина реберъ онаго.

Итакъ, всѣ измѣренія поверхности и объема, опредѣленныя для пирамиды (глава седьмая), непосредственно можно приложить и къ конусамъ.

Digitized by Google

По сему, принявъ прямой круглый конусъ за правильную пирамиду, будетъ: 1. *Поверхность всѣхъ ераней или кривая поверхность прямаго круглаго конуса равна окружности основанія, умноженной на половину одного ребра;* 2. *вся же поверхность онаго вмѣстѣ съ основаніемъ равна окружности основанія умноженной на половину ребра съ половиною радіуса основанія.*

Объемъ всякаго конуса равенъ площади основанія умноженной на третью часть высоты.

Если разсѣчь конусъ плоскостію параллельною основанію, то получимъ усѣченный конусъ, котораго и поверхность и объемъ измѣряются какъ поверхность и объемъ усѣченной пирамиды.

Поверхность усѣченнаго правильнаго конуса равна полусуммѣ окружностей двухъ основаній, умноженной на длину ребра, взятаго между сими двумя основаніями.

Если разсѣчемъ пирамиду плоскостію параллельною основанію (фиг. 7), то маленькая пирамида такимъ образомъ отрѣзанная будетъ подобна большой. Свойство сіе будучи

Digitized by Google

справедливо для всѣхъ пирамидъ, сколь бы впрочемъ велико не было число сторонъ оныхъ, равномѣрно будетъ справедливо и для конусовъ, купно со всѣми слѣдствіями отъ сего произходящими. Итакъ: 1. когда конусъ разсѣчется плоскостію параллельною основанію, то отрѣзанный маленькій конусъ будетъ *подобенъ* большому; 2. когда два конуса *подобны*, то *поверхности* ихъ кривыхъ частей будутъ пропорціональны *квадратамъ* изъ сходственныхъ линій двухъ конусовъ, напримѣръ квадратамъ изъ реберъ; 3. *площади основаній* будутъ также пропорціональны *квадратамъ* изъ сходственныхъ линій; 4. *объемы подобныхъ конусовъ* пропорціональны *кубамъ* изъ сходственныхъ линій (фиг. 7).

Сдѣлаемъ усѣченный конусъ ABC...abc.... (фиг. 7), отрѣзавъ маленькій конусъ отъ большаго сѣкущею плоскостію. Очевидно, чтобъ получить объемъ усѣченнаго конуса, то должно сперва особенно вычислить объемъ маленькаго конуса, а потомъ оный вычесть изъ объема большаго конуса. Поелику каждый изъ сихъ объемовъ равенъ произведенію изъ площади основанія на треть высоты,

Digitized by Google

то въ дѣйствіи не представится ни какихъ трудностей.

Когда конусъ, не есть прямой и круглой, или только не прямой, то поверхность его уже не возможно вычислить по правиламъ нами теперь показаннымъ.

Для измѣренія поверхности такого конуса, должно оную разложить на число трехугольниковъ, удовлетворяющее той степени точности, которой достигнуть желали. Потомъ всѣ сіи трехугольники положить на одной плоскости, чтобы вершины ихъ были въ одной точкѣ и прилегали бы одинъ къ другому своими боками. Такимъ образомъ въ фигурахъ 4 и 6, положены всѣ трехугольники S'A'B', S'B'C', S'C'D', ... , фигуръ 3 и 5. Очевидно, что кривая поверхность конуса равна плоскости S'A'B'C', которую можно измѣрить по способу, показанному въ 6 главѣ.

Показавъ въ конусѣ необходимо нужныя измѣренія поверхности и объема, посмотримъ теперь какое употребленіе дѣлаютъ искусства изъ конусовъ.

Архитекторъ и *Плотникъ*, дѣлаютъ крышу круглой башни, прямымъ круглымъ ко-

Digitized by Google

нусомъ (фиг. 8), котораго ось есть ось башни.

Артиллеристъ, дѣлаетъ артиллерійскія орудія (фиг. 9), состоящія по наружной формѣ изъ ряда отрѣзныхъ конусовъ, выступы, коихъ для украшенія соединяетъ фризмами или поясками; самой большой конусъ находится въ казенной части.

Шляпочники, даютъ войлоку назначенному для головнаго убора мущинъ и женщинъ, фигуру цѣльнаго или усѣченнаго конуса, съ полями плоскими или согнутыми. Въ безчисленныхъ измѣненіяхъ сихъ различныхъ конусовъ и полей, состоитъ безконечная разнообразность головныхъ уборовъ, состоитъ прихоть и чудная плодовитость нашихъ модъ, (фиг. 10, 11, 12).

Дѣлатель органовъ, нижнію часть цилиндрическихъ трубочекъ оканчиваетъ усѣченнымъ конусомъ ABSF (фиг. 13). Трубочки, подобныя звукомъ на звукъ трубы, которыхъ совокупность имѣетъ названіе *игры трубы* ABSF (фиг. 14), имѣютъ совершенную фигуру усѣченнаго конуса.

Архитекторъ, для доставленія большей остойчивости колоннамъ, раздѣляетъ высоту

Digitized by Google

ихъ на три равныя части нижнію третью часть высоты дѣлаетъ прямымъ цилиндромъ, а въ остальныхъ двухъ третяхъ до капители безпрестанно уменьшаетъ діаметръ колонны. Когда колонны столь высоки, что изъ одного куска камня сдѣлать ихъ не возможно, то разсѣкаютъ оныя рядомъ параллельныхъ плоскостей и разсматриваютъ различныя части, на которыя раздѣлены колонны, какъ усѣченные конусы (фиг. 15), потомъ высѣкаютъ каждую часть простымъ усѣченнымъ конусомъ.

Корабельный мастеровой, дѣлаетъ мачты по формамъ подобнымъ формамъ колоннъ, уменьшая постепенно діаметръ оныхъ, начиная отъ основанія до вершины.

Конусъ дѣлается различными способами подобными тѣмъ, которыя употребляютъ для дѣланія цилиндра.

Прежде всего должно образовать правильный многоугольникъ ABCDE (фиг. 3 и 5), имѣющій большое число сторонъ, потомъ сдѣлать каждую изъ плоскихъ граней SAB, SBC, SCD,....по средствамъ, показаннымъ въ главѣ о плоскостяхъ.

Digitized by Google

Если же вмѣсто цѣльнаго конуса, потребуется сдѣлать отрѣзной прямой круглой конусъ ABCD....abcd, то сперва должно образовать двѣ плоскія стороны ABCD.... и abcd...., совершенно параллельныя. На сихъ плоскостяхъ возмемъ двѣ точки O и o находящіяся на одной прямой линіи перпендикулярной къ обѣимъ плоскостямъ, потомъ отъ точекъ O и o проведемъ параллельныя, прямыя линіи OA и oa, длиною равныя длинѣ радіусовъ двухъ круговъ ABCDE и abcde, которые и очерчиваютъ. Сдѣлавъ сіе раздѣлимъ окружности на одинакое число равныхъ частей, потомъ чрезъ каждую точку дѣленія окружности A, B, C, D....a, b, c, d...., проведемъ линіи перпендикулярныя къ радіусамъ, чрезъ что получимъ два правильные многоугольника, описанные около двухъ круговъ. Обдѣлавъ плоскія грани трапеціями, имѣющими основаніями верхнія и нижнія бока многоугольниковъ I. II. 2, 1, II. III. 3. 2, III. IV. 4. 3, ..., получимъ усѣченную пирамиду обертывающую конусъ. Наконецъ срѣзывая ребра I. 1, II. 2, III. 3, IV. 4, ... рѣзцомъ, или какимъ другимъ инструментомъ, пока сіи новыя плоскія грани будутъ касать-

Digitized by Google

ся круговъ, получимъ усѣченную пирамиду, имѣющую вдвое болѣе граней нежели первая и которая ближе подходитъ къ фигурѣ конуса. Продолжая сглаживать такимъ образомъ ребра, будемъ каждый разъ болѣе приближаться къ истинной фигурѣ конуса и достигнемъ наконецъ той степени точности, которая соотвѣтствуетъ требованіямъ промышленности.

Способъ нами теперь показанный, какъ видно есть только *приближенный*. Для произведенія конуса съ совершенною непрерывностію должно имѣть другія средства.

Коническую поверхность можно сдѣлать помощію токарнаго станка, водя рѣзецъ P (фиг. 17), по прямому бруску NM, утвержденному неподвижно и параллельно ребру AS. Каждое положеніе рѣзца опишетъ кругъ имѣющій осью прямую линію, проходящую чрезъ двѣ точки токарнаго станка; собраніе круговъ такимъ образомъ описанныхъ, произведетъ коническую поверхность SABC (фиг. 17). Такимъ образомъ выпачиваютъ различныя коническія формы, какъ SAC (фиг. 18.)

Можно сдѣлать круглый конусъ, движеніемъ около оси SO (фиг. 3) прямой производящей,

Digitized by Google

которая съ осью составляетъ всегда одинъ уголъ. (Смотри одиннадцатую главу.)

Потому же основанію, можно произвести коническую поверхность, помощію подвижной прямой линіи, проходящей всегда чрезъ одну точку, принятую за вершину.

Приложеніе къ Физіонтрасу. Инструментъ сей употребляютъ для точнаго сниманія профилей ABCD.....(фиг. 19). Прямой стержень, вращающійся около постоянной точки S, упирается однимъ концемъ въ профиль ABCD..., а другимъ, снабженнымъ острымъ карандашемъ, въ повѣшенную бумагу, которой плоскость параллельна плоскости профили. *Кривая* abcd...., *описанная карандашемъ будетъ подобна профили* ABCD...

Чтобъ доказать сіе, проведемъ линію OSo (фиг. 19), перпендикулярную къ двумъ параллельнымъ плоскостямъ, профили и изображенія. Пусть точки O и o, будутъ точками встрѣчи перпендикуляра съ сими двумя плоскостями. Разсмотримъ теперь прямой стержень, служащій къ начерпанію изображенія, въ одномъ изъ его положеній, напримѣръ въ положеніи ASa. Проведемъ OA и oa, я говорю, что два прямоугольные трехугольника

Digitized by Google

ASO и aSo, суть подобны. Въ самомъ дѣлѣ, уголъ ASO равенъ углу aSo, поелику сіи два угла противуположны вершинами, AO параллельна ao, слѣдовательно трехугольникъ ASO подобенъ трехугольнику aSo, а потому

SO : So : : SA : Sa : : OA : oa. Равнымъ образомъ докажется, что

SO:So : : SA:Sa : : SB:Sb: : SC:Sc: : SD:Sd....
SO:So: : OA:oa : : OB:ob : : OC:oc: : OD:od....

Но каждыя двѣ линіи OA и oa, OB и ob, OC и oc.... параллельны слѣдовательно фигуры ABCDEF ..... и abcdef ..... суть подобныя фигуры, которыхъ сходственныя линіи параллельны и пропорціональны разстояніямъ постоянной точки S до плоскостей профили и изображенія. Итакъ наконецъ, профиль ABCD и его изображеніе abcd, подобны.

Природа сама производитъ коническія поверхности подобно *Физіонтрасу*, помощію лучей исходящихъ отъ каждой свѣтящейся точки. Лучи сіи проходятъ въ нашъ глазъ чрезъ зрачекъ и пересѣкаются въ точкѣ S (фиг. 22), чтобъ достигнуть поверхности перепонки PO, называемой сѣточкою или ретиною. Такова есть сія поверхность, на которой природа производитъ очертанія предме-

Digitized by Google

товъ и сохраняетъ даже цвѣта оныхъ. Сіе впечатленіе произведенное на ретинѣ, передается зрительному нерву, которой опять сообщаетъ его непостижимымъ для насъ обризомъ, столицѣ нашего разума—мозгу.

Итакъ, чудесное явленіе видѣнія, производится въ человѣкѣ и у большой части животныхъ, помощію *коническихъ поверхностей*, образующихся въ пространствѣ и въ нашемъ глазѣ посредствомъ лучей свѣта, который разливаютъ свѣтящіяся тѣла сами, или чрезъ отраженіе.

Всѣ свѣтящіяся точки, зіяющія на небесномъ сводѣ во время прекрасной ночи, всѣ предметы составляющія неизмѣримую природную картину, разсматриваемую во время яснаго дня, рисуются въ глазѣ нашемъ въ ихъ пропорціяхъ и видахъ, съ ихъ цвѣтами и оттѣнками, помощію опредѣленнаго нами теперь конуса.

Камера обскура. Искуство, подражая природѣ устроило камеру похожую на внутренность нашего глаза, пропуская въ оную свѣтъ чрезъ стекло подобное зрачку S нашего глаза. Свѣтъ передаетъ на дно сей камеры, какъ на ретину, предметы съ ихъ цвѣтами,

Digitized by Google

формами и движеніями. Если уловить свѣтъ сей на бумагѣ, то на оной можно рисовать очертаніе изображенныхъ предметовъ и означить тѣми же красками и тѣнями.

Лучи свѣта, исходящія изъ одной точки S (фиг. 20), встрѣтивъ не прозрачную поверхность abcdef, не могутъ далѣе простираться, но тѣ изъ нихъ, которые касаются обвода сей поверхности, будутъ продолжаться, раздѣляя часть пространства освѣщеннаго свѣтящеюся точкою, отъ другой части онаго, лишенной свѣта непрозрачнымъ тѣломъ. Часть сія, лишенная свѣта есть то, что называютъ *тѣнью непрозрачнаго тѣла*. И такъ, если непрозрачная поверхность или непрозрачное тѣло, находится предъ свѣтящеюся точкою, то тѣнь сей поверхности или сего тѣла, будетъ ограничиваться коническою поверхностію, коей вершина находится въ свѣтящейся точкѣ.

Силуэты. Сіе свойство лучей свѣта употребляютъ для опредѣленія на плоскости, образа, подобнаго данной профили. Профиль abcdef . . . . (фиг. 20), которую снять должно, помѣщаютъ въ плоскости параллельной той, на которой хотятъ имѣть образъ.

Digitized by Google

Свѣтъ, напримѣръ горящей свѣчи, поставленной въ приличномъ разстояніи, дѣлается вершиною конуса, имѣющаго основаніемъ данную профиль. Конусъ продолжается до плоскости образа, такимъ образомъ, что на сей плоскости получается *новое основаніе* ABCD...., подобное первому и имѣющее обводъ служащій тѣнью профили; основаніе сіе есть *силуэтъ* сей профили.

Я означилъ тѣми же самыми буквами Физіонтрасъ (фиг. 19) и тѣнь образа (фиг. 20), для того что доказательство фигуры 19, совершенно можно приложить къ доказательству фигуры 20, и для того, что оно приводитъ къ тѣмъ же заключеніямъ.

Китайскія тѣни. Для забавы дѣтей, употребили въ пользу свойство коническихъ поверхностей, производить на данной плоскости изображеніе фигуры или собранія какихъ либо фигуръ. Свѣтящаяся точка освѣщаетъ движущіяся картонныя фигуры или настоящія лица, и бросаетъ тѣнь представляемаго дѣйствія на повѣшенный занавѣсъ, не позволяющій видѣть сквозь оный, но пропускающій довольно свѣта въ частяхъ освѣщенныхъ, что глазъ зрителя можетъ совершенно раз-

Digitized by Google

личать части, находящіяся въ тѣни. Части сіи суть основанія коническихъ поверхностей, имѣющихъ вершину въ свѣтящей точкѣ, помѣщенной позади занавѣса, а ребра ихъ проходятъ чрезъ профили лицъ, которыхъ форму и положеніе произвести желаютъ.

Если предметъ AB (фиг. 21), отбрасывающій на занавѣсъ RR свою тѣнь MN, станетъ удаляться отъ свѣтящейся точки и приметъ положеніе ab, то тѣнь его уменьшится и сдѣлается mn. Итакъ, если свѣтящаяся точка, будетъ оставаться въ постоянномъ положеніи, то чтобы уменьшить пространство тѣни, должно предметъ приблизить къ занавѣсу, между тѣмъ какъ удаляя предметъ отъ занавѣса, тѣнь будетъ болѣе и болѣе увеличиваться. Напротивъ, оставляя постояннымъ предметъ, а приближая или удаляя свѣтящуюся точку отъ занавѣса, тѣнь будетъ увеличиваться или уменьшаться.

Сіе измѣненіе величины тѣней, сохраняющихъ туже форму и разнообразность явленій, происходящихъ отъ движенія сихъ тѣней, составляетъ всю занимательность такого рода представленій. Свойства конич-

Digitized by Google

скихъ поверхностей доставляютъ средства, точными геометрическими строеніями опредѣлять желаемыя произведенія и соразмѣрности, соотвѣтствующія сему дѣйствію Оптики . . . . . Поговоримъ теперь о приложеніи болѣе важномъ нежели китайскія тѣни.

Основаніе Перспективы. Когда изъ какой либо постоянной точки S (фиг. 22), глазъ направитъ всѣ возможные лучи зрѣнія на кривую ABCD, то лучи сіи образуютъ конусъ SABCD. Если опредѣлить сѣченіе abcd, сдѣланное въ семъ конусѣ плоскостію MN, то фигура abcd, на плоскости MN будетъ какъ говорятъ *перспективное* изображеніе фигуры ABCD. Форма сего изображенія произведетъ въ глазѣ нашемъ то же самое дѣйствіе, то есть, оно произведетъ на сѣточкѣ тотъ же образъ что и ABCD, поелику прямыя Sa и SA, Sb и SB, Sc и SC, и проч. совмѣщаются между собою.

Итакъ выводъ Перспективы состоитъ въ представленіи изображеній предметовъ такими, что глядя на оныя, изъ одной точки S, они производятъ на сѣточкѣ нашего глаза тѣ же образы, что и самые предметы. Поелику воображеніе наше получаетъ понятія рав-

Digitized by Google

ныхъ изображеній, какъ доставляемыхъ самыми предметами такъ и подобными представленіями, то мы часто находимъ затрудненія различать ихъ, или лучше, мы наслаждаемся сходствомъ искуственнаго подражанія. Таковъ есть источникъ умственнаго удовольствія, ощущаемаго зрителемъ при возрѣніи на превосходную перспективу.

Если глазъ зрителя не будетъ находиться въ точкѣ зрѣнія S, то конусъ Sabcd перемѣнитъ свою фигуру; онъ не произведетъ на сѣточкѣ нашего глаза образа совершенно подобнаго тому, который даетъ самый предметъ. Таково есть непріятное дѣйствіе болѣе или менѣе нами ощущаемое, когда глазъ нашъ не будетъ находиться *въ точкѣ зрѣнія*. Точка сія названа такъ потому, что изъ оной должно смотрѣть на перспективу, дабы вполнѣ наслаждаться настоящимъ дѣйствіемъ оной.

Перспектива кривыхъ линій производитъ конусы, а перспектива многоугольниковъ пирамиды, помощію собранія лучей зрѣнія, проведенныхъ изъ глаза до обводовъ сихъ кривыхъ или сихъ многоугольниковъ.

Digitized by Google

Если будемъ разсматривать многоугольникъ, параллельный картинной плоскости и если лучь зрѣнія, проходящій чрезъ центръ сего многоугольника перпендикуляренъ къ плоскости онаго, то перспектива будетъ подобна сему многоугольнику, и образъ изображенный на сѣточкѣ нашего глаза будетъ тотъ же самый правильный многоугольникъ. Но если, сдѣлавъ перспективу многоугольника, перемѣнимъ точку зрѣнія, то образъ получаемой на сѣточкѣ уже небудетъ правильный. Многоугольникъ покажется продолговатымъ по одному направленію, и съуженнымъ по перпендикулярному.

Итакъ, когда фигура, которую представить должно, не находится въ плоскости пераллельной плоскости картины, то вообще перспектива отличается отъ формы изображаемаго ею предмета. Отъ сихъ разнообразностей произходитъ безконечность измѣненій. Однако есть общія правила, весьма важныя для сокращенія дѣйствій перспективныхъ, дѣйствій необходимыхъ для многихъ художниковъ, какъ то: Архитектору, Ландшафтному Живописцу, Декоратору, Формовщику, и проч.

Digitized by Google

Если двѣ прямыя параллельныя линіи AB и CD (фиг. 23), параллельны картинной плоскости MN, я говорю что перспективы ихъ ab и cd, на сей картинной плоскости, будутъ также двѣ прямыя параллельныя линіи.

Въ самомъ дѣлѣ, если проведемъ лучи зрѣнія SaA, SbB ScC, SdD, то линіи AB и ab, равно какъ CD и cd, будутъ параллельны между собою; но AB и CD также суть параллельны между собою, слѣдовательно двѣ перспективныя линіи ab и cd будутъ также параллельны. Итакъ сіи перспективныя линіи не могутъ встрѣтиться.

Теперь предположимъ, что линіи AB, CD и EF (фиг. 24), будучи параллельны между собою не параллельны картинной плоскости MN.

Чрезъ точку зрѣнія S, я провожу прямую SO, параллельную линіямъ AB, CD и EF, которыя должно привести въ перспективу. Потомъ воображаю лучи зрѣнія SA и SB, пересѣкающія картину въ точкахъ a и b. Сіи два луча находятся въ плоскости проходящей чрезъ S, чрезъ AB, а потому и чрезъ SO параллельную AB. Слѣдовательно три точки a, b и O, находящіяся въ одно

Digitized by Google

время на сей плоскости и на картинѣ, должны быть въ одной прямой линіи. Итакъ продолженіе линіи ab пройдетъ чрезъ точку O. Тоже самое докажется и для cd, ef, и проч. Посему:

Линіи ab, cd, ef . . . . , *перспективы параллельныхъ линій* AB, CD, EF . . . . *пройдутъ всегда, если потребуется продолжить ихъ, чрезъ одну точку* O, *когда* AB, CD, EF *не параллельны картинной плоскости.*

Сія точка O, весьма примѣчательна, она есть та, которую называютъ *точкою встрѣчи* перспективы параллелей AB, CD, EF, ...

Когда приводятъ въ перспективу предметы имѣющія много параллельныхъ линій, то весьма важно опредѣлять точку встрѣчи линій каждаго направленія. Такимъ образомъ получимъ точку перспективы каждой изъ оныхъ линій, а чтобъ имѣть полное очертаніе, то должно лишь опредѣлить другую точку.

Приложеніе къ Архитектурѣ. Наибольшую пользу изъ точекъ встрѣчи можно извлечь при изображеніи въ перспективѣ архитектурнаго чертежа. Большая часть линій проводимыхъ Архитекторомъ параллельны, или вертикальной плоскости, въ которой нахо-

Digitized by Google

дится направленіе сторонъ изображаемаго зданія, или вертикальнымъ плоскостямъ перпендикулярнымъ къ симъ сторонамъ; однѣ изъ сихъ линій вертикальны, а другія горизонтальны.

Почти всегда картинная плоскость, на которой изображаютъ перспективу бываетъ вертикальна (фиг. 25). Тогда всѣ линіи вертикальные въ зданіи будутъ вертикальны и въ перспективѣ. Что же касается до горизонтальныхъ линій, то тѣ изъ нихъ, которыя параллельны плоскости фасада, будутъ встрѣчаться въ точкѣ о, которую опредѣлить должно. Также опредѣляютъ точку О въ которой встрѣчаются горизонтальныя линіи перпендикулярныя къ плоскости фасада; потомъ остается опредѣлить одну только точку, помощію горизонтальной и вертикальной линіи. Способъ проэкцій доставляетъ для сего весьма легкія средства, которыя мы покажемъ, говоря о пересѣченіи плоскостей.

Когда извѣстно, что линіи параллельны и если видимъ оныя въ перспективѣ, то непосредственно должно испытать, будетъ ли продолженіе сихъ линій проходить чрезъ од-

Digitized by Google

ну точку, въ приличномъ положеніи помѣщенную, которая есть ихъ точка встрѣчи на картинной плоскости.

Приведеніе зданій въ перспективу на вертикальной плоскости (фиг. 25), какъ мы уже сказали, есть простѣйшій случай въ рисованіи и черченіи; точка встрѣчи всѣхъ возможныхъ собраній горизонтальныхъ параллельныхъ линій, должна находиться на горизонтальной плоскости, проходящей чрезъ точку зрѣнія. Въ самомъ дѣлѣ, одну только сію плоскость и можно провести чрезъ ту точку параллельно горизонтальнымъ линіямъ. Итакъ, съ одной стороны точка встрѣчи перспективы горизонтальныхъ линій параллельныхъ фасаду, а съ другой стороны, тогда встрѣчи перспективы горизонтальныхъ линій перпендикулярныхъ сему фасаду, находятся на высотѣ точки зрѣнія. Слѣдовательно, на сей высотѣ горизонтальныя линіи двухъ направленій приведены въ перспективу по прямой горизонтальной линіи Oo, находящейся на высотѣ точки зрѣнія.

Легко замѣтить (фиг. 25), что верхъ и низъ окошекъ расположенныхъ въ зданіи въ одной прямой линіи, находятся на картин-

Digitized by Google

ной плоскости и на перспективѣ, также въ прямой линіи. Въ самомъ дѣлѣ это есть свойство различныхъ частей прямой линіи, отдѣльной или нѣтъ; ибо должно мысленно только соединить части сей линіи, дабы получить одну непрерывную линію, которой перспектива есть одна прямая линія, и которая посему будетъ заключать въ себѣ изображенія всѣхъ сихъ частей прямой линіи, приведенной въ перспективу.

Приложеніе къ Живописи. Живописецъ, изображая на карантинахъ людей, старается не помѣщать всѣхъ въ одной плоскости и въ одинаковыхъ положеніяхъ тѣла. Въ противномъ случаѣ, люди покажутся одинаковой высоты или уменьшенными по правильному закону, такъ что если они стоятъ и одинакого роста, то не только всѣ ноги будутъ въ одной прямой линіи, но и всѣ колѣна, всѣ руки, всѣ локти и всѣ головы будутъ также находиться на однихъ прямыхъ линіяхъ; наконецъ если всѣ сіи линіи сойдутся въ одну точку, то можно себѣ представить, сколь несносно будетъ таковое одно-образіе.

Digitized by Google

Для избѣжанія сей мертвой правильности въ живописи, художники стараются помѣщать людей въ различныхъ разстояніяхъ отъ зрителя, они принимаютъ многія плоскости параллельныя картинной. *Въ первой плоскости*, ближайшей къ зрителю, рисуются на картинѣ предметы въ большемъ относительномъ размѣреніи. *Во второй* онѣ изображаются менѣе, *въ третьей* еще менѣе и такъ далѣе.

На первой то плоскости, или весьма близко къ оной, художники обыкновенно помѣщаютъ ихъ главныя лица, размѣренія которыхъ наиболѣе привлекаютъ вниманіе зрителя.

По плоскости, на которой находятся фигуры, видно что перспектива оныхъ должна имѣть извѣстное размѣреніе. Если живописецъ не опредѣлитъ онаго точно, то живопись его сдѣлается фальшивою, и лица не будутъ на тѣхъ разстояніяхъ на которыхъ онъ ихъ назначить хотѣлъ; если онъ даже хорошо расположитъ головы ихъ и хорошо направитъ зрачки ихъ глазъ, то фигуры, которыя должны смотрѣть другъ на друга не будутъ сіе показывать, и проч.

Digitized by Google

Есть довольно и другихъ погрѣшностей, которыя Живописцы могутъ дѣлать, и въ самомъ дѣлѣ дѣлаютъ противу перспективы, наипаче когда они представляютъ тѣла, руки, ноги, которыхъ положеніе не параллельно картинной плоскости, и которыя часто отъ сего уменьшаются въ длинѣ своей.

Сіи сокращенія, для художниковъ составляютъ труднѣйшую часть рисунка. Весьма часто они достигаютъ до вернаго изображенія оныхъ только одними моделями, поставленными въ тѣхъ положеніяхъ, въ которыхъ они хотятъ ихъ представить, а сами помѣщаются въ отношеніи сихъ моделей, въ положеніи гдѣ будетъ находиться зритель, относительно изображаемаго ими дѣйствія.

Не большое число правилъ мною здѣсь изложонныхъ, во многихъ случаяхъ будетъ достаточно, дабы быть въ состояніи познавать, истинна или ложна перспектива извѣстныхъ предметовъ. Часто случается, что Архитекторы и Живописцы, худо понимаютъ привила перспективы, а потому и дѣлаютъ ложныя приложенія. Если распространить повсюду геометрическія познанія, то множество весьма важныхъ ошибокъ, не нравя-

Digitized by Google

щихся, малому только числу знатоковъ, будутъ не нравиться цѣлой публикѣ, и художники тогда уже не будутъ позволять себѣ оныхъ безъ наказанія, тогда они будутъ принуждены болѣе углубляться при изученіи приложеній Геометріи къ Перспективѣ. Тогда произведенія ихъ достигнутъ той степени точности пропорціи частей, которая не зависитъ отъ совершенной отдѣлки въ изящныхъ художествахъ, какъ и въ искусствахъ, имѣющихъ предметомъ точность формъ.

Приложеніе Перспективы къ рисованію машинъ и произведеніямъ промышленности. Перспективу часто употребляютъ для представленія произведеній промышленности и машинъ. Способъ сей предъ обыкновеннымъ способомъ проэкцій имѣетъ ту выгоду, что содѣлываетъ болѣе видимыми части, которыя по способу проэкцій однѣ другими закрываютъ. Напримѣръ при употребленіи проэкцій параллельными линіями, обыкновенно берутъ вертикальную плоскость проэкцій, параллельною или перпендикулярною къ фасаду зданія. Въ первомъ случаѣ маленькія стороны зданія не видны, а во второмъ

Digitized by Google

самъ фасадъ перестаетъ быть видимымъ. Перспектива, какъ видно изъ фигуры 5, представляетъ въ одно время два фасада зданія.

Способъ проэкцій служитъ къ вѣрнѣйшему приведенію фигуры въ перспективу. Если фигура и точки зрѣнія даны горизонтальными и вертикальными проэкціями, равно какъ и слѣдъ картинной плоскости, то чтобы привести въ перспективу какую либо точку, должно точку сію и точку зрѣнія соединить прямою линіею, а потомъ опредѣлить пересѣченія сей линіи съ картинною плоскостію. (Смотри тринадцатую главу. Обучающійся долженъ сдѣлать приложенія сего способа къ какимъ либо простѣйшимъ фигурамъ, какъ къ перспективѣ квадрата или куба съ нужными къ тому фигурами).

Для рисованія повиду, или какъ говорятъ *набрасыванія* зданія, произведенія промышленности, машины, Перспектива имѣетъ ту выгоду, что позволяетъ рисовать предметы таковыми каковыми они представляются нашему глазу, безъ всякихъ измѣненій въ начертаніи и наружности вещей. Она хороша еще тѣмъ, что ученики, приучают-

Digitized by Google

ся къ симъ различнымъ родамъ рисованія, для которыхъ они найдутъ способы въ различныхъ сочиненіяхъ.

Приложеніе къ театральнымъ декораціямъ. Театральный Декораторъ для увеличенія обмана и удобности дѣйствія явленій, употребляетъ обширныя картинныя плоскости, образующія главный занавѣсъ, на которомъ изображаютъ перспективу зданій или мѣстоположеній. Потомъ на двухъ сторонахъ по двумъ разсходящимся линіямъ, которыя приближаются къ зрителю, располагаетъ рядъ прямыхъ возвышающихся картинъ параллельныхъ между собою и главному занавѣсу, и называющихся кулисами. На сихъ кулисахъ онъ изображаетъ деревья, отдѣльныя колонны, или не прерывныя части. Но сіе обыкновеніе не совершенно, въ самомъ дѣлѣ, линіи изображаемыя на кулисахъ представляютъ лишь отрывки одной прямой линіи, но которыя кажутся одною прямою линіею, если посмотримъ на оныя изъ точки зрѣнія, а если разсматривать ихъ съ другой точки, тогда уже онѣ не будутъ въ одномъ направленіи. Однако не смотря на сей недостатокъ, перспектива хорошо рас-

Digitized by Google

положенная и разкрашенная, представляетъ довольно сходства съ существенностію вещей, дабы доставить зрителямъ, находящихся во многихъ частяхъ залы весьма пріятное обольщеніе.

Приложеніе коническихъ проэкцій къ Географіи. Для изображенія примѣчательнѣйшихъ предметовъ на земляномъ и небесномъ глобусахъ, употребляютъ систему коническихъ поверхностей, подобныхъ перспективѣ.

Хотя механика не дѣлаетъ большаго употребленія изъ коническихъ поверхностей, соединенныхъ по двѣ, по три, и проч. подобнаго цилиндрическимъ поверхностямъ, за то она ихъ употребляетъ съ выгодою во многихъ другихъ случаяхъ.

Она употребляетъ отдѣльные правильные конусы (фиг. 26), для передачи треніемъ круговращательнаго движенія съ одной оси на другую, когда онѣ не параллельны.

Она также употребляетъ зубчатые правильные конусы (фиг. 27) для той же цѣли.

Архитекторъ, для произведенія большихъ колоннъ, разлагаетъ ихъ на усѣченные конусы, которые бываютъ желобоватыя, если

Digitized by Google

колонна должна быть таковая. Искуство дѣланія желобовъ въ колоннахъ требуетъ большой точности. Если мы удивляемся рѣдкому искуству работниковъ употребляемыхъ при построеніи Аѳинъ, въ цвѣтущемъ вѣкѣ сего знаменитаго промышленнаго города, то удивляемся тому превосходству съ которымъ высѣчены на коническихъ поверхностяхъ желоба огромныхъ колоннъ, и совершенному согласію сихъ различныхъ усѣченныхъ конусовъ, при образованіи совершенно не прерывныхъ желобовъ, отъ капители до базы колонны.

Точность *желобовъ* или *зубцовъ* коническихъ колесъ, не есть предметъ одной только роскоши и пріятнаго вида, какъ то бываетъ при желобахъ колоннъ, но отъ сей точности зависитъ легкость и правильность передачи движеній, какъ мы увидимъ при изъясненіи дѣйствія зубчатыхъ колесъ. (Смотри первую часть механики, второй томъ сего курса).

Digitized by Google

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

Развертывающіяся поверхности, косыя поверхности и проч.

Мы называемъ *развертывающеюся поверхностію* всякую поверхность, которую можно разостлать или *развернуть* на плоскости, предполагая при томъ, что никакая часть оной при дѣйствіи семъ не дѣлается длиннѣе, не укорачивается, не разрывается и не сдваивается.

Мы уже видѣли два рода главныхъ развертывающихся поверхностей, именно: цилиндрическія и коническія. Мы видѣли на самомъ дѣлѣ, что поверхности сіи могутъ развертываться на плоскости, не разрываясь и не сдваиваясь. Мы видѣли также и обратное, что можно всегда согнуть часть плоскости не разрывая и не сдваивая оную, такъ что она образуетъ цилиндръ или конусъ, котораго фигура и размѣренія были опредѣлены.

Наконецъ мы видѣли, что цилиндръ можно всегда разсматривать какъ призму, составленную изъ весьма большаго числа пло-

Digitized by Google

скихъ граней, имѣющихъ фигуру параллелограмма, а конусъ какъ пирамиду составленную изъ весьма большаго числа плоскихъ граней, имѣющихъ фигуру весьма узкаго трехугольника.

Равнымъ образомъ всякую развертывающуюся поверхность (фиг. 1) можно разсматривать, какъ будто составленную изъ плоскихъ граней aAb, bBc, cCd . . . . , ограниченныхъ прямыми Aa, Bb, Cc, ... , которыя называются *ребрами*.

Желаете ли *развернуть* поверхность сію, дабы привести ее къ формѣ плоскости? То оборачивайте сторону aAb, около ребра Ab, пока она не придетъ въ одну плоскость со второю стороною bBc; потомъ оборачивайте сіи двѣ стороны вмѣстѣ около ребра Bc, пока онѣ будутъ въ одной плоскости съ третіею стороною cCd. Продолжая такимъ образомъ далѣе до послѣдней стороны совершенно *развернете* поверхность.

Главнѣйшая разность между конусомъ и развертывающеюся поверхностію состоитъ въ томъ, что въ конусѣ всѣ угловатыя грани имѣютъ свои вершины въ одной общей точкѣ; между тѣмъ какъ въ какой нибудь

Digitized by Google

развертывающейся поверхности, вершины A, B, C..... граней aAb, bBc, cCd, и проч. суть различныя.

Геометры, разсматриваютъ конусъ (фиг. 1, глава девятая), состоящимъ изъ двухъ *частей* или полъ, подобно тому и развертывающіяся поверхности разсматриваются ими, также имѣющими двѣ части; первая изъ нихъ есть та, которую мы описали, а вторая образуется продолженіемъ реберъ въ Aa', Bb', Cc'...., выше кривой ABCD...., которая называется *ребромъ сгиба*. Вообще для требованія искуствъ достаточно разсматривать одну часть развертывающейся поверхности.

Приложенія. Если желаютъ сохранить имѣющіе цѣнность предметы, то обертываютъ ихъ матеріею меньшаго достоинства. Обертки сіи обыкновенно дѣлаютъ изъ плоскихъ гибкихъ листовъ, какъ напримѣръ изъ холста, бумаги, папки, кожи, жести, желѣза, и проч. Таковы суть: футляры и картонки, ножны оружій, чехлы, покрыши кладей, ящики всѣхъ родовъ, бумажныя обертки сахарныхъ головъ, обертки пряныхъ кореньевъ, обертки аптекарскія и проч.

Digitized by Google

Всѣ сіи обертки каковы бы ни были сгибы и складки оныхъ, если онѣ ихъ только образуютъ, очевидно суть *развертывающіяся* поверхности. Должно замѣтить, что вещества употребляемыя для оныхъ, особенно тканыя, будучи способны сжиматься и вытягиваться, могутъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ различаться отъ точныхъ формъ таковой развертывающейся поверхности, каковую опредѣлили Геометры.

Приложеніе къ искуству обойщика и къ драпировкѣ. Вышеприведенное можно также сказать и о поверхностяхъ, образующихся шпалерами и драпировкою, коими украшаются наши комнаты и внутренности публичныхъ зданій. Если ограничиться только строгими геометрическими формами развертывающихся поверхностей, то получимъ одни лишь прямолинейные сгибы, грубыя очертанія, безъ пріятности и разнообразія, таковыя почти какъ очертанія этруской драпировки.

Греки, кажется былъ первый народъ, котораго плодовитое и прелестное воображеніе хорошо уразумѣло, какія удачныя соединенія можно получить отъ изученія двойна-

Digitized by Google

го свойства обладаемаго матеріями, складываться въ развертывающейся поверхности, составленною изъ прямыхъ реберъ и сгибаться съ однообразностію, дабы удалиться отъ сихъ формъ по степенямъ, подвластнымъ законамъ хорошаго вкуса. Сіи самые законы, при украшеніи зданій могутъ быть приведены къ общимъ правиламъ.

Возвратимся къ поверхностямъ совершенно развертывающимся, гдѣ увидимъ сколь обширно употребленіе оныхъ въ искуствахъ, какую пользу можетъ обрести промышленность изъ рѣшенія геометрическихъ предложеній до нихъ относящихся.

Представимъ себѣ, что требуется построить развертывающуюся поверхность (фиг. 2), проходящую чрезъ двѣ кривыя ABCDEF и abcdef, не находящіяся въ одной плоскости. Для сего пожимъ что кривая ABCDEF есть многоугольникъ, имѣющій весьма большое число боковъ AB, BC, CD, DE, ... , . Берутъ линейку, хорошо выструганную, кладутъ ее плашмя однимъ концемъ на AB и оборачиваютъ оную около линіи AB, до тѣхъ поръ пока другой конецъ линейки пересѣчетъ кривую abcdef, въ двухъ весьма близкихъ точ-

Digitized by Google

кахъ a и b. Проводятъ прямыя линіи Aa, Bb. Сдѣлавъ сіе кладутъ линейку, чтобъ широкая сторона оной лежала въ одно время на BC и Bb, замѣчаютъ точку c, гдѣ сія сторона встрѣчаетъ кривую, потомъ проводятъ Cc. Подобно сему опредѣляется Dd, Ee, Ff . . . . . Такимъ образомъ произойдетъ развертывающаяся поверхность ABCDEFabc def . . . . . , которая будетъ весьма мало разниться отъ настоящей поверхности, проходящей чрезъ двѣ кривыя ABCDEF и abcdef. (Смотри тринадцатую главу.)

Выпиливаніе кривыхъ частей. При устроеніи кораблей, нерѣдко случается надобность пилить куски дерева по поверхностямъ, коихъ нижній обводъ abc и верхній ABC, начерчены на двухъ сторонахъ сего куска. Если при семъ хотятъ дѣйствовать не *косивъ* или не *крививъ* пилы, то должно, чтобы прямая линія образующаяся зубьями пилы была такъ направлена, дабы она постепенно совмѣщалась съ ребрами Aa, Bb, Cc . . . . . (фиг. 2); тогда пила раздѣлитъ кусокъ дерева, описавъ развертывающуюся поверхность.

Приложеніе развертывающихся поверхностей къ разрѣзкѣ камней. Разрѣзка камней

Digitized by Google

часто употребляетъ развертывающіяся поверхности, особенно цилиндрическія и коническія. Для построенія сводовъ, имѣющихъ сложныя формы, опредѣляютъ какъ мы изъяснимъ въ главѣ о *пересѣченіи поверхностей*, фигуру всѣхъ обводовъ каждаго камня входящаго въ составъ свода, которые по сей причинѣ называются *сводными каменьями* или *клиньями*. Дабы зданіе имѣло наибольшую возможную остойчивость, то сіи сводные каменья должны съ точностію одинъ другаго касаться въ ихъ скрытыхъ частяхъ, которыя взаимно поддерживаются и называются *швами*. Необходимо должно наблюдать, чтобы поверхности швовъ были назначены съ величайшею точностію, дабы сдѣлать ихъ ровными въ тѣхъ двухъ сторонахъ камней, которыми они вмѣстѣ прикладываются. Цѣли сей можно достигнуть, сдѣлавъ стороны сихъ швовъ *развертывающимися*. Для сего должно съ точностію сдѣлать изъ папки, тонкихъ дощечекъ и проч. шаблонъ каждой развертывающейся стороны, потомъ согнуть ее по сторонѣ шва и смотрѣть будетъ ли линейка совершенно прикладываться къ сей сторонѣ по направленію реберъ.

Digitized by Google

Повсюду строимые своды изъ камней, могутъ служить лучшимъ убѣжденіемъ, что поверхностямъ швовъ въ различныхъ частяхъ зданія, должно давать фигуру совершенно равную, а для исполненія цѣли сей Геометрія представляетъ различные способы.

Проведемъ какъ можно вернѣе криволинейные ребра AB, BC, CD, DA, ab, bc, cd, da (фиг. 3) сводпаго камня. Мы можемъ для каждой стороны шва опредѣлить развертывающуюся поверхность, проходящую чрезъ AB и ab, чрезъ BC и bc, чрезъ CD и cd, чрезъ DA и da. Дѣлая то же самое и для соприкосновенныхъ сводныхъ камней, увѣримся что касающіяся стороны сводныхъ камней, будутъ одна съ другою точно совмѣщаться. Когда будемъ знать фигуру и положеніе AB и ab, BC и bc, ... , то для опредѣленія каждой развертывающейся поверхности всего легче будетъ употреблять способъ данной въ фигурѣ 2.

Если ремесленникъ долженъ покрыть большую поверхность листами вещества тонкаго и гибкаго, тогда онъ гнетъ листы сіи по развертывающейся поверхности такимъ образомъ:

Digitized by Google

Сперва на данной поверхности (фиг. 4) очерчиваетъ кривыя линіи ABCDE, abcde a'b'c'd'e', a''b''c''d''e'', которыя повсюду одна отъ другой удалены на разстояніе равное ширинѣ листа, употребляемаго для покрышки. Потомъ начинаетъ складывать листы такъ, что они проходятъ по очертаніямъ ABCDE и abcde, послѣ чрезъ abcde и a'b'c'd'e' и проч. Онъ кладетъ листы одинъ возлѣ другаго, соединяя ихъ спайкою или въ закрайну, укрѣпляя одинъ листъ надъ другимъ.

Приложеніе развертывающихся поверхностей къ покрышкѣ куполовъ. Способами, подобными предыдущимъ покрываютъ у насъ металлическими листами купола церквей и другихъ зданій.

Приложеніе къ обшивкѣ кораблей мѣдью. Слѣдуя также вышеприведеннымъ способамъ, строитель кораблей покрываетъ подводную часть оныхъ листами мѣди, какъ въ ABCD EF (фиг. 7). Края листовъ обрѣзываются въ прямой линіи, хотя часто они взаимно покрываются въ линіяхъ, несоотвѣтствующихъ точно сему очертанію; но чрезъ закрайну, хотя не одинакую во всѣхъ углахъ и не прямолинейную по всѣмъ сторонамъ,

Digitized by Google

достигаютъ до того же, какъ будто листы были обрѣзаны прямолинейно, такъ чтобы одинъ къ другому точно приходился и потомъ спаяны вмѣстѣ.

Средство сіе, предпочитаемое строителями кораблей, есть практически важно, поелику поверхность подводной части корабля весьма велика въ отношеніи къ пространству каждаго листа, употребляемаго для обшивки, и потому что мѣдь въ промежуточныхъ частяхъ своихъ можетъ не много вытягиваться, дабы находиться въ каждой точкѣ по двумъ направленіямъ кривизны подводной части корабля. Что еще будетъ очевиднѣе, когда я изъясню двѣ кривизны главнѣйшихъ поверхностей.

Картонщикъ, который образуетъ множество различныхъ поверхностей изъ листовъ бумаги и папки, склеенныхъ одинъ на другомъ и одинъ возлѣ другаго, производитъ рядъ развертывающихся поверхностей, весьма многообразныхъ по ихъ фигурѣ и въ отношеніи ихъ положеній.

Когда *каретникъ* сдѣлалъ основаніе кареты, то есть утвердилъ части желѣза и дерева, означающія угольное очертаніе кареты,

Digitized by Google

четырехугольники дверцевъ и окошекъ и проч. Онъ долженъ наполнить пространства означенныя сими четырехугольниками и главными очертаніями, что и дѣлаетъ тонкими и гибкими листами дерева, которые онъ сгибаетъ вообще по формамъ развертывающихся поверхностей, долженствующихъ проходить чрезъ данныя очертанія. Посему онъ долженъ знать рѣшеніе задачи означенной въ фиг. 2 и 3.

Котельникъ, печникъ и *жестяникъ*, равно имѣютъ необходимость знать рѣшеніе сей задачи. Напримѣръ, при устроеніи печей и котловъ употребляемыхъ на заводахъ, дабы съ точностію приладить верхъ печи или котла съ трубою, часто должны вырѣзывать и обводить развертывающуюся поверхность, проходящую въ одно время чрезъ нижнее основаніе ABCD (фиг. 5), какой нибудь фигуры и чрезъ верхнее abcd, имѣющее круглую фигуру трубы. Тогда совершенно знать должно, какое очертаніе надлежитъ дать листу или собранію плоскихъ металлическихъ листовъ, которые приличнымъ образомъ согнутые, образуютъ развертывающуюся поверхность, проходящую въ одно время чрезъ AB

Digitized by Google

CD и abcd. Мы покажемъ рѣшеніе сей задачи въ четырнадцатой главѣ.

Вмѣсто того, чтобы покрывать поверхности малыми развертывающимися листами, какъ въ фиг. 4, часто находятъ залучшее, покрывать ихъ длинными развертывающимися полосами.

Когда воины носили латы, то большое число частей покрывавшихъ ихъ тѣло и члены, были развертывающіяся поверхности; они наиболѣе состояли изъ коническихъ и цилиндрическихъ полосъ, удобно соединенныхъ съ металлическими листами, которымъ давали простѣйшую кривизну. Весьма малое только число частей имѣло двоякую кривизну, какъ шлемъ; также иногда употребляли развертывающіяся поверхности на щиты.

Построеніе кораблей представляетъ намъ превосходное приложеніе развертывающихся поверхностей, расположенныхъ полосами.

Корабль только что набранный и необшитый еще досками, представляетъ подобіе остава MNOPQ (фиг. 6), составленнаго изъ соединенія корабельныхъ реберъ (шпангоутовъ). Сіи шпангоуты 1. 1, 2. 2, 3. 3, ... возвышающіеся въ вертикальныхъ плоско-

Digitized by Google

стяхъ, оставляютъ между собою пустое пространство (xyz (фиг. 8), представляетъ разрѣзъ или вертикальное сѣченіе по срединѣ шпангоута). Для окончанія закрытія подводной части корабля, такимъ образомъ сдѣланной, берутъ доски хорошо выструганныя на требуемую толстоту и по надлежащимъ формамъ обрѣзанныя. Кладутъ ихъ плашмя на внѣшнія стороны шпангоутовъ, потомъ для образованія развертывающихся поверхностей немного ихъ сгибаютъ, для полученія такъ называемой *обшивки корабля*, которая обнимаетъ всю поверхность онаго, со всевозможною точностію, ибо доски одна къ другой какъ боками такъ и концами своими соединяются весьма плотно.

Положимъ, что обшивка отъ киля до линіи ABCD уже сдѣлана, и что нужно продолжить оную выше, между линіями ABCD и abcd. Для сего отъ двухъ точекъ x и y, прилично взятыхъ между ABCD и abcd, натяни крѣпко веревку, которая посему будетъ прилѣгать къ шпангоутамъ. Представимъ себѣ, что будто обшивка сія уже сдѣлана и что веревка, о которой мы говорили прикрѣплена къ обшивкѣ положенной на

Digitized by Google

шпангоуты. *Развернемъ*, то есть выпрямимъ сію обшивку. Веревка, которая означала на поверхности подводной части корабля кратчайшую между точками x и y линію, будетъ и теперь означать также кратчайшее разстояніе между сими точками на развертывающейся поверхности, развернутой, то есть на плоскости. Но кратчайшая линія, которую можно провести на плоскости есть прямая линія, слѣдовательно веревка xy будетъ находиться въ прямой линіи (фиг. 6 bis), если только она сохраняетъ на обшивкѣ то положеніе, которое на подводной части корабля, содѣлало ее кратчайшею линіею между точками x и y.

Когда натягиваютъ веревку сію на подводной части, то замѣчаютъ точки 1. 2. 3 . . . . . , чрезъ которыя перпендикулярно къ направленію веревки прикрѣпляютъ къ ней брусочки. Сіи брусочки одними концами касаются линіи ABCDE . . . . , а другими линіи abcde . . . . , между которыми съ точностію должна приходиться новая обшивка.

Теперь выпрямляютъ веревку xy. Вытягиваютъ ее на доскѣ GHKL (фиг. 6 bis), такъ чтобы маленькія брусочки I 1 I, II 2

Digitized by Google

II, III 3 III, IV 4 IV, ... , были перпендикулярны къ веревкѣ. Точки I. II. III. IV. . . . . и I. II. III. IV. . . . . , соединяютъ линіями и получаютъ двѣ непрерывныя кривыя линіи. Сіи кривыя линіи изображаютъ верхній и нижній предѣлы очертаній длины обшивки.

Недостаточно имѣть одни сіи очертанія, должно знать еще въ каждой точкѣ I. II. III. IV . . . . . I. II. III. IV. . . . . углы, которые обшивка сія составляетъ съ подводною частію корабля, дабы швы каждыхъ соприкосновенныхъ обшивокъ плотно совмѣщались. Для сего приставляютъ одну вѣтвь малочника къ каждому изъ брусочковъ, а другую къ сторонѣ шва уже положенной обшивки, перпендикулярно къ ребрамъ сей обшивки, касающихся подводной части корабля. Потомъ переносятъ сіи углы, относительно въ каждую точку I. II. III. IV . . . . . I. II. III. IV. . . . . , и вырѣзываютъ доску GHKL топоромъ или скоблемъ.

Для избѣжанія всякаго замѣшательства, при измѣреніи рабочимъ угловъ, помощію малочника которые новая обшивка составляетъ въ точкахъ I. II. III. IV . . . . . съ соприкос-

Digitized by Google

новенною уже готовою обшивкою, онъ кладетъ одну вѣтвь малочника къ сторонѣ доски NP (фиг. 6 ter), потомъ по длинѣ другой стороны sr проводитъ прямую линію. Поелику всѣ сіи линіи находятся тамъ, гдѣ помѣщены брусочки 1, 2, 3, 4, ... , соотвѣтствующіе точкамъ I. II. III. IV . . . . . , то работнику будетъ весьма легко узнать для каждой точки I. II. III. IV . . . . . , какой уголъ онъ долженъ брать, дабы обдѣлать узкую сторону или край обшивки по надлежащему наклоненію въ отношеніи къ большой сторонѣ.

Должно замѣтить, что способъ такимъ образомъ описанный, не предполагая подводную часть корабля имѣющую какую либо частную фигуру, можетъ быть приложенъ не только къ устроенію кораблей, но и ко всякому другому роду построекъ гражданскихъ или военныхъ. Это одинъ изъ лучшихъ примѣровъ тѣхъ выгодъ, которыя представляетъ приложеніе къ искуствамъ свойствъ, открываемыхъ Геометріею въ поверхностяхъ. У насъ обыкновенно получаютъ кривизну обшивки помощію рейки (тонкой дощечки), прикладываемой къ набору.

Digitized by Google

Образцы и выкройки развертывающіяся. Въ большой части искуствъ, если хотятъ произвести поверхности ограниченныя какими либо линіями, то разлагаютъ сіи поверхности на части, которыя почти безъ погрѣшности можно принимать за развертывающіяся. Снимаютъ фигуру ихъ помощію бумажныхъ или картонныхъ выкроекъ или образцовъ, которыя производятъ настоящія развертывающіяся поверхности, по причинѣ ихъ естественнаго сгибанія, безъ разрыванія и сдваиванія. Таковы суть выкройки употребляемыя портными, для означенія по онымъ формы и вырѣзки матерій, служащихъ на одежду человѣка.

Приложеніе къ кроенію матерій для одежды. Весьма полѣзнѣйшее приложеніе Геометріи имѣетъ предметомъ сопрягать кроеніе различныхъ частей одежды, такимъ образомъ, чтобы трата выкраиваемой матеріи была наименьшая. Хотя портной для рѣшенія сей задачи не употребляетъ ни линейки ни циркуля *), но онъ производитъ матема-

*) Вмѣсто линейки портные употребляютъ гибкую мѣру, которая есть ничто иное какъ раздѣленная на части развертывающаяся по-

Digitized by Google

тическія дѣйствія и часто весьма сложныя, которыя требуютъ въ одно время вѣрности глазомѣра, мысленныхъ соображеній и большой опытности въ сравненіи человѣческихъ формъ съ формами, которыя должно давать развертывающимся поверхностямъ, дабы онѣ могли служить одеждою.

Независимо отъ экономіи, требованія благопристойности, пріятности и изящества въ убранствѣ людей имѣютъ правила, которыя во многихъ случаяхъ соединяются съ правилами Геометріи и Механики.

Надлежало бы приложить къ одеждамъ разсужденія, которыя мы представили въ драпировкѣ и обойномъ искуствѣ о развертывающихся поверхностяхъ, способныхъ вытягиваться и укорачиваться въ нѣкоторыхъ частяхъ, что происходитъ отъ ихъ гибкости и упругости. Таковыя матеріи, имѣя свойство облегаться по формамъ человѣче-

---

верхность; она сгибаясь по очертанію тѣла и членовъ, показываетъ размѣренія, которыя будучи перенесены на плоскую матерію развертываніемъ мѣры, даютъ точки, чрезъ которыя портной проводитъ линіи своего чертежа.

Digitized by Google

скимъ, дѣйствительнымъ или предполагаемымъ, суть наиспособнѣйшія къ приниманію точнаго вида, налагаемаго модою. Матеріи сіи наиболѣе приличны для платья.

Если матеріи сіи соединяютъ съ качествомъ упругости, качество большой гибкости и величайшую легкость, то онѣ могутъ извиваться, могутъ принимать многочисленныя складки, болѣе разнообразныя и лучше согласующіяся съ правилами хорошаго вкуса. Вмѣсто того, чтобы сохранять точность и геометрическую неподвижность, матеріи весьма гибкія и тонкія, однажды драпированныя, легко уступаютъ малѣйшему движенію и принимаютъ извивающійся видъ, который въ нѣкоторыхъ случаяхъ напоминаетъ о дѣятельности и прелести жизни. Таковы кажется были ткани, послужившія образцами художникамъ древности для превосходной драпировки производимыхъ ими статуй. Таковы суть нынѣшнія ткани: кисея и кашемиръ.

Дабы одежда была совершенная, то поверхности ее составляющія должны доставлять нашему тѣлу и нашимъ членамъ свободу и удобность движеній, что требуетъ

*

Digitized by Google

извѣстной полноты, извѣстной легкости и извѣстной покройки, принаровленныхъ къ различнымъ частямъ. Поелику люди къ медленности движенiй приписали важность, значительность, достоинство, то надлежитъ, чтобы особы, которыя по ихъ занятiямъ должны сiе показывать, имѣли одежду приличествующую только такимъ движенiямъ. Ряса Священника, мантiя Царя, кроятся полными изъ матерiй мало гибкихъ, дабы образовать развертывающiяся поверхности съ широкими складками, которыхъ движенiе воздуха колебать не можетъ.

Одѣянiе военнаго, легкая одежда театральнаго танцовальщика, бальныя платья, кроятся напротивъ уменьшаясь сколь возможно въ каждомъ размѣренiи; потомъ избираютъ для красивыхъ собственно платьевъ матерiи гибкiя, легкiя и колеблющiяся, дабы показать съ большею прiятностiю и вѣрностiю, человѣческiя формы и разнообразныя движенiя оныхъ.

По симъ отношенiямъ, выборъ матерiи, рисунка одежды, должны сообразоваться съ правилами, предписываемыми теорiею изящныхъ художествъ и зависящими отъ устрой-

Digitized by Google

ства общества. Въ отношеніи спокойствія удобности и здоровія, платья принадлежатъ къ существеннѣйшимъ выгодамъ гражданскаго общества. Наконецъ, взирая на нихъ какъ на промышленность находимъ, что Механика и Геометрія, даютъ мѣры формъ и качества сихъ произведеній, средства ихъ отдѣлки, кройки и украшенія, долженствующихъ производить чрезъ сгибаніе и собраніе поверхностей, первоначально плоскихъ сей разнообразности прелестныхъ формъ, которыя представляютъ одежды и драпировка у народовъ, гдѣ изящныя художества даютъ чувствовать ихъ пріятное могущество.

Мы возвратимся къ развертывающимся поверхностямъ, для показанія новыхъ приложеній не менѣе важныхъ какъ и предыдущія, когда изъяснимъ основанія пересѣченій и касаній, а теперь перейдемъ къ косымъ поверхностямъ.

Косыя поверхности. Такъ называютъ поверхности, которыя производятъ не находящіяся въ одной плоскости прямыя линіи, и которыя можно разсматривать какъ состоящія изъ ряда весьма маленькихъ граней.

Digitized by Google

Дабы дать понятіе о сихъ косыхъ граняхъ, представимъ себѣ лѣстницу (фиг. 9 и 10), которой двѣ стороны не находятся въ одной плоскости. Положимъ сію лѣстницу на землю такъ, чтобы двѣ ея стороны имѣли горизонтальное направленіе, но не находились бы въ одной вертикальной плоскости. Фигура 9 представляетъ вертикальную проэкцію, а фигура 10 горизонтальную проэкцію. Стороны AB и CD (фиг. 9), идутъ на крестъ въ точкѣ 4. IV. Если отъ сей точки проведемъ вертикальную линію, то она пройдетъ (фиг. 10) чрезъ точку 4 на линіи CD и чрезъ точку IV на AB. Теперь отъ точекъ 4 и IV, раздѣлимъ двѣ стойки AB и CD на равныя части въ точкахъ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, ... и I, II, III, IV, V, VI, VII . . . ., и проведемъ прямыя 1I, 2II, 3III, 4IV, 5V, 6VI, 7VII, ..., то получимъ косую лѣстницу.

Крылья вѣтреной мѣльницы суть лѣстницы такого рода, составленныя изъ длинныхъ расходящихся сторонъ и изъ дощечекъ перпендикулярныхъ къ одной изъ сихъ сторонъ.

Digitized by Google

Лѣсенки попугаевъ, суть также косыя лѣстницы, только они не имѣютъ другой стойки.

Косыя поверхности можно всегда представлять состоящими изъ весьма узкихъ косыхъ граней, подобныхъ лѣстницамъ теперь только описаннымъ. Бока ограничивающія сіи косыя грани называются ребрами.

Приложеніе къ строенію кораблей. Для обшивки подводной части корабля, образуютъ развертывающіяся поверхности, которыя вырѣзываются изъ досокъ, какъ мы уже и объяснили (фиг. 6). Для нѣкоторыхъ весьма кривыхъ частей корабля, около кормы и носа онаго, можно получить весьма короткую обшивку изъ досокъ весьма широкихъ, если хотятъ, чтобы они совершенно сохраняли очертаніе приличествующее развертывающейся поверхности. Въ очертаніи обшивки, изображенной въ фиг. 12, можно видѣть, что много теряется дерева, если изъ прямоугольника вырежемъ криволинейную фигуру 1, 2, 3, 4. 5, 6, 7, VII, VI, V, IV, III, II, I. Теперь положимъ что придана легкая и правильная кривизна веревкѣ abcdefg (фиг. 11), то получимъ фигуру, которую со-

Digitized by Google

вершенно положить можно на обшивкѣ менѣе широкой нежели употребляли для фигуры 12-й.

Но если согнуть обшивку, обрѣзанную въ фигурѣ 11, то она не наполнитъ всего того мѣста, для котораго была назначена на подводной части корабля. Надобно будетъ помощію механическихъ средствъ заставить ее принять сіе положеніе. Подобное дѣйствіе почти всегда перемѣняетъ развертывающуюся поверхность въ косую.

Въ частяхъ корабля, гдѣ кривизна подводной части весьма значительна, нельзя гнуть обшивокъ, не опасаясь чтобы они отъ сгибанія неразломались, для избѣжанія сего поступаютъ такъ:

Выдѣлка натисей. Пусть требуется сдѣлать какую либо штуку, имѣющую большую кривизну, которая прикладывается подъ очертаніемъ ABC (фиг. 13.) къ набору корабля. Для сего держатъ крѣпко линейку, представляющую прямую линію ED, чрезъ которую предполагаютъ проходящую плоскость, опредѣляющую на наборѣ три точки m, n, o, линіи ABC *).

*) Здѣсь предполагается, что не большое сіе пространство кривой части очертанія ABC,

Digitized by Google

Чрезъ сіи точки проводятъ прямыя m 1, n 2, o3 . . . . . , перпендикулярныя къ ED и измѣряютъ длины ихъ. Сдѣлавъ сіе берутъ малочникъ, котораго одну вѣтвь прикладываютъ къ линіи m1, а другую по длинѣ поверхности подводной части корабля, наблюдая чтобы обѣ вѣтви малочника находились въ плоскости перпендикулярной къ EDmno. Тоже самое дѣйствіе повторяется и при другихъ точкахъ n, o . . . . . кривой mno . . . . Рядъ положеній второй вѣтви малочника, будетъ образовать *косую поверхность*, представляющую внутренную сторону отдѣлываемой штуки. Для сдѣланія наружной стороны, проводятъ другую косую плоскость въ равныхъ разстояніяхъ отъ первой, дабы штука сія имѣла повсюду равную толщину. Что касается до узкой стороны, которая прикладывается къ ABC, снова прибѣгаютъ къ малочнику, замѣчаютъ уголъ, который вторая вѣтвь,

---

имѣетъ малую кривизну. Если между точками m, n, o, случатся точки весьма разнящіяся отъ плоской кривой *mno*, то перемѣняютъ сіи разстоянія въ опредѣленныя точки, отъ чего однакожъ дѣйствіе сдѣлается длиннѣе.

Digitized by Google

постепенно прикладываемая въ m, n, o, къ поверхности подводной части, составляетъ съ стороною шва обшивки ABC, уже положенной. Сдѣлавъ сіе остается только нанести сіи размѣренія на соотвѣтствующія мѣста.

Когда хотятъ построить корабль, то сначала выдѣлываютъ шпангоуты, которые прикрѣпляются надъ килемъ въ вертикальныхъ и параллельныхъ положеніяхъ (фиг. 14). Потомъ связываютъ сіи шпангоуты помощію поясовъ, называемыхъ *рыбинами*, которыя располагаются по обѣимъ сторонамъ или краямъ подводной части корабля. Главной связной поясъ называется баргоутомъ или чернымъ поясомъ, потомъ идетъ чаннвельсъ, а на самомъ верху барковый поясъ. Кривыя части разбиваются на плазѣ, а тѣ изъ частей корабля, которыя имѣютъ меньшую кривизну прямо выдѣлываютъ изъ длинныхъ четырехгранныхъ призмъ, имѣющихъ надлежащую квадратную толщину. Они такъ сгибаются, что плотно примыкаютъ къ точкамъ, назначеннымъ на очертаніи различныхъ шпангоутовъ. Если наименьшая часть подводной части корабля, занятая стороною рыбины прилѣгаю-

Digitized by Google

щей къ сей подводной части, есть развертывающаяся въ прямыхъ полосахъ, то рыбина сгибается безъ труда по всей ея длинѣ и по всей ея ширинѣ около сей подводной части. Если же мѣсто подводной части корабля, покрытое стороною рыбины, которая должна быть съ онымъ въ соприкосновеніи, будетъ косая поверхность, тогда совершенное соприкосновеніе уже болѣе не будетъ, тогда должно употребить много усилій дабы рыбину заставить примкнуть къ набору, слѣдуя очертанію данному на чертежѣ кораблестроительнымъ Инженеромъ.

Въ весьма кривыхъ частяхъ подводной части корабля, способа сего употребить не возможно. Въ такомъ случаѣ прибѣгаютъ къ слѣдующему способу:

Поелику гарпина ABC (фиг. 14), дѣлаетъ часть плоскости рыбины, то означаютъ плоскость сію двумя веревками; одна изъ нихъ прибивается къ подводной части корабля по длинѣ ABC, а другую DE держатъ внѣ подводной въ нѣкоторомъ разстояніи. Потомъ въ каждой точкѣ A, B, C, различныхъ шпангоутовъ измѣряютъ малкою уголъ, составля-

Digitized by Google

емый сею плоскостію съ поверхностію подводной части корабля.

Потомъ положивъ шаблонъ или лекалъ кривой ABC, на штуку дерева (фиг. 15), изъ которой хотятъ сдѣлать рыбину, обчерчиваютъ ABC и врѣзываютъ въ деревѣ противу точекъ A, B, C, желоба въ которые вкладывается малочникъ, дабы дать точные углы штукѣ, снятые съ корабля. Дерево между желобами вырѣзается такъ, чтобъ образовать развертывающуюся или *косую* поверхность. На внутренности сей поверхности означаютъ точки a, b и c, повсюду равно отстоящія отъ ABC, потомъ точки a′, b′, c′, равноудаленныя отъ abc, на ширину рыбины. Такимъ образомъ получаютъ первую сторону abcc′b′a′, которая будетъ совершенно обхватывать шпангоуты. Верхняя и нижняя стороны выдѣлываются подъ прямымъ угломъ съ abcc′b′a′; сторонамъ симъ даютъ повсюду одинакую ширину; наконецъ четвертая сторона дѣлается перпендикулярно ко 2 и 3 сторонамъ. Работа сей части и вышеприведенныхъ содѣлывается ясною и легкою при изъясненіи оной по модели.

Digitized by Google

Гражданская Архитектура, равнымъ образомъ употребляетъ косыя поверхности для *сводныхъ камней* нѣкоторыхъ сводовъ и иныхъ *лѣстницъ*.

Извѣстно, что ступени лѣстницъ должны быть плоски и горизонтальны, на которыя восходящая или нисходящая особа ставитъ ноги. Очертаніе оныхъ изображается (фиг. 16), чрезъ ABCFE, DEFGH....., гдѣ видны швы BC, EF, GH,..... помощію которыхъ каждая ступенька поддерживается тою, которая ниже ее, и сама поддерживаетъ непосредственно выше ее находящуюся. Въ лѣстницахъ съ параллельными ступенями, швы, BC, EF, GH...., суть также и между собою параллельны; они плоски и имѣютъ фигуру параллелограммовъ.

Если же лѣстница слѣдуетъ по криволинейному направленію, если она круглая, то вопросъ о соединеніи ступеней дѣлается болѣе сложнымъ. Изъ фигуры 17 видно, что ступени не имѣютъ по всюду равной ширины; онѣ на внутренности или къ среднему столбу O лѣстницы съуживаются, а къ наружи дѣлаются шире. Слѣдовательно покатость лѣстницы измѣряемая нижнею линіею

Digitized by Google

DFC (фиг. 16), становится отложе, чѣмъ болѣе удаляется отъ оси лѣстницы. Посему шовъ EF, ступени, которая повсюду перпендикулярна къ GFC, приближается къ вертикальному положенію, когда подходитъ болѣе къ внѣшней сторонѣ лѣстницы и приближается къ горизонтальному положенію, когда подходитъ къ срединѣ лѣстницы.

Рядъ перпендикуляровъ EF, входящаго ребра E, представляетъ косую лѣстницу, подобную фигурамъ 9 и 10. Слѣдовательно шовъ EF, двухъ соприкосновенныхъ ступеней есть *косая поверхность*. Когда высѣчены всѣ плоскія стороны ступени, по правиламъ простѣйшей Геометріи, останется только означить поверхность шва EF.

Для сего раздѣляютъ длину каждой ступени на равныя части, потомъ чрезъ точки дѣленія 1, 2, 3 . . . . ., означенныя на входящемъ ребрѣ OE (фиг. 17), проводятъ прямыя 1.1, 2.2, 3.3, ..., перпендикулярныя къ сему ребру, и примыкающія ко входящему непосредственно высшему ребру OB.

Фигура 18 представляетъ въ большемъ видѣ возвышеніе ступени OEB, видимой перпендикулярно къ OE. Тутъ E1, E2, E3, ...

Digitized by Google

изображаютъ 1.1, 2.2, 3.3....., фигуры 17.

Если въ фигурѣ 18 проведемъ EI, EII, EIII....., перпендикулярныя къ E1, E2, E3.... то сіи линіи изобразятъ направленіе стороны шва двухъ касающихся въ OE ступеней, для соотвѣтствующихъ точекъ 1, 2, 3...., посему достаточно снять малочникомъ углы AEI, AEII, AEIII....., дабы имѣть положеніе стороны шва EF (фиг. 16), соприкосновенныхъ ступеней, въ каждой точкѣ 1, 2, 3....,

Всѣ сіи построенія содѣлаются яснѣе, если преподающій объяснитъ ихъ деревянными или гипсовыми моделями.

Лѣстницы рассматриваемыя какъ не прерывныя поверхности, по крайнѣй мѣрѣ въ отношеніи ихъ нижнихъ поверхностей, принадлежатъ къ *спиральнымъ поверхностямъ*, которыя весьма важны для искуствъ. (Смотри 12 главу.)

Digitized by Google

Digitized by Google

ГЛАВА ОДИНАДЦАТАЯ.

О поверхностяхъ вращенія.

Послѣ плоскихъ поверхностей, легчайшія для построенія и наиболѣе употребляемыя въ искуствахъ суть *поверхности вращенія*; свойства оныхъ также весьма употребительны въ Механикѣ, даже самыя явленія природы безпрестанно производятъ ихъ предъ нашими глазами.

Вообразите какую нибудь кривую ABC (фиг. 1), обращающуюся около своей оси AC, то поверхность, которую она произведетъ будетъ *поверхность вращенія*. Движеніе, совершаемое сею кривою есть то, которое называютъ *круговымъ*; наконецъ, если оно будетъ полное, то есть въ 360°, то называютъ его *вращеніемъ*.

Въ семъ движеніи каждая изъ точекъ B, B', B,''.... описываетъ кругъ. Плоскости всѣхъ сихъ круговъ Bb, B'b', B''b''...., между собою параллельны и перпендикулярны къ оси AC, на которой находятся ихъ цен-

Digitized by Google

тры O, O′, O″..... Въ шестой главѣ я изъяснилъ различныя сіи свойства.

Не должно думать, что кривая ABB′B″C необходимо должна была плоская, дабы обращеніе оной около оси AC произвело поверхность вращенія. Если изъ каждой точки B, B′, B″.... кривой, опустимъ на ось AC, перпендикуляры BO, B′O′, B″O″,...., то перпендикуляры сіи приходя въ одну плоскость не измѣнятся ни по величинѣ, ни по разстоянію, посему оконечности B, B′, B″...., произведутъ *плоскую кривую*, которая обращаясь около оси образуетъ туже поверхность вращенія, что и предложенная кривая.

Плоская кривая, которая обращеніемъ своимъ около оси AC, производитъ поверхность вращенія, называется *меридіаномъ* сей поверхности. Круги Bb, B′b′, B″b″.... которыхъ плоскости перпендикулярны къ оси, суть параллельны между собою, называются по сей причинѣ *параллельными кругами*.

Поверхностей вращенія можно образовать столько различныхъ родовъ, сколько можно составить различныхъ фигуръ изъ прямыхъ линій, круговъ и другихъ кривыхъ линій, или

Digitized by Google

изъ сопряженія сихъ линій. Сіи различные роды поверхностей представляютъ еще многія измѣненія, смотря по положенію оси въ отношеніи къ производящей. Мы разсмотримъ по порядку простѣйшія и наиважнѣйшія для искуствъ поверхности вращенія.

Поверхности вращенія, произходящія отъ движенія прямой линіи. Если прямая линія перпендикулярная къ оси, обернется сколо сей оси, то она опишетъ плоскость. Въ шестой главѣ мы изъяснили различныя средства, помощію которыхъ искуства производятъ плоскія поверхности.

Если производящая прямая параллельна оси OO (фиг. 2), то она опишетъ *круглый цилиндръ*, котораго свойства и приложеніе мы изъяснили въ восьмой главѣ.

Если производящая, проходя чрезъ одну точку оси OO (фиг. 3) будетъ наклонною въ отношеніи сей оси, то она опишетъ круглой конусъ, котораго свойства и приложеніе къ промышленности показаны въ девятой главѣ.

Когда производящая прямая не параллельна оси и относительно оной находится въ такомъ положеніи, въ какомъ одна сторона

Digitized by Google

косой лѣстницы расположена относительно другой стороны, то сія прямая опишетъ поверхность вращенія (фиг. 4), которой двѣ кривизны находятся въ обратныхъ положеніяхъ.

Когда прямая AB не проходитъ чрезъ ось OO, то можно предположить другую ab, симметрически расположенную въ отношеніи плоскости OOo, проходящей чрезъ сію ось. Сіи двѣ прямыя необходимо пересѣкутся въ точкѣ P, проходящей чрезъ плоскость симметріи. Если прямыя AB и ab, будутъ равномѣрно обертываться около оси дабы равно приближаться или удаляться отъ плоскости OOo, которая всегда будетъ ихъ плоскостію симметріи, то онѣ всегда будутъ пересѣкаться въ одной точкѣ на сей плоскости. Обернемъ около оси, какъ плоскость симметріи такъ и прямыя AB и ab. Поелику двѣ прямыя расположены такимъ образомъ, что всегда пересѣкаются въ плоскости OOo, то рядъ сихъ точекъ образуетъ кривую, которая будетъ меридіаномъ поверхности вращенія, произходящей отъ двухъ прямыхъ AB и ab. Итакъ сіи двѣ прямыя линіи, обращаясь около OO, произ-

Digitized by Google

ведутъ ту же поверхность. Фигура 4 представляетъ двѣ системы прямыхъ линій образующихъ поверхность. Учащіеся совершенно уразумѣютъ сіи двѣ системы, если преподающій заставитъ ихъ дѣлать модели изъ круговъ папки, соединенныхъ осью и равнонаклоненными нитями, расположенными въ противуположныхъ положеніяхъ.

Ножницы. Г. Ферри, бывшій экзаминаторъ Политехнической школы въ Парижѣ, составилъ весьма замысловатыя ножницы, изъ двухъ прямолинейныхъ лезвеевъ, одного AB неподвижно укрѣпленнаго (фиг. 4), а другаго ab, обращающагося около оси OO. Послѣднее въ движеніи своемъ всегда касается перваго и разрѣзываетъ тѣла между ими положенныя.

Мотовила. Изъ прутьевъ AB, ab (фиг. 4), вращающихся около оси OO, составляются мотовила. Нитка, навишая на сходящуюся часть поверхности не можетъ соскочить съ мотовила. Для снятья съ оныхъ мотковъ устроенъ простой механизмъ, посредствомъ котораго всѣ прутья приближаются къ оси.

О шарѣ. Для произведенія поверхности шара, должно обращать кругъ AMBN (фиг. 5), около одного изъ его діаметровъ. Всѣ точки

Digitized by Google

окружности круга AMBN, будучи въ равныхъ разстояніяхъ отъ центра O, не измѣнятъ своихъ разстояній если сей кругъ обернется около оси AOB. Посему всѣ точки поверхности шара, равно отстоятъ отъ центра круга O, который есть *центръ шара*. Всѣ точки, взятыя въ направленіи плоскости меридіана AMBN, внутри или внѣ онаго, будутъ ближе или далѣе отстоять отъ центра, нежели точки находящіяся на окружности AMBN. Посему всѣ точки пространства, находящіяся въ направленіи плоскости какого либо круга внѣ онаго, будутъ далѣе отстоять отъ центра, а если внутри онаго, то ближе.

Итакъ, не только всѣ точки поверхности шара находятся въ равномъ разстояніи отъ центра, но даже никакая другая точка неможетъ имѣть того же разстоянія.

Всякая плоскость, проходящая чрезъ центръ шара, пересѣкаетъ оный въ кривой, которой всѣ точки имѣютъ одинаковое удаленіе отъ центра, равное длинѣ радіуса шара; посему кривая сія есть кругъ. Если сіи различные круги обращать около ихъ діаметровъ, то получимъ шары, имѣющія одинъ

Digitized by Google

центръ и одинъ радіусъ, слѣдовательно они произведутъ одинъ и тотъ же шаръ.

Всякая хорда mn, круга AMBN (фиг. 5), меньше діаметра MN, и становится тѣмъ менѣе чѣмъ болѣе удаляется отъ центра шара; но когда кругъ обернется около оси AOB перпендикулярной къ хордѣ mn, то полухорда om опишетъ плоскость и конецъ оной m произведетъ окружность, которая вся будетъ лежать на поверхности шара. Посему: 1. всякое сѣченіе mn, сдѣланное плоскостію въ шарѣ, есть кругъ; 2. каждой изъ сихъ круговъ менѣе круга, имѣющаго центромъ центръ шара, который по сей причинѣ называется *большимъ кругомъ* шара, 3. *малые круги*, становятся тѣмъ менѣе, чѣмъ болѣе центры ихъ удаляются отъ центра шара.

Средства описывать шаръ. Можно (фиг. 6) на оси AB токарнаго станка, утвердить тѣло изъ котораго должно сдѣлать шаръ; потомъ въ нѣкоторомъ разстояніи отъ сей оси укрѣпить полукругъ aTb, котораго діаметръ ab равенъ и параллеленъ оси AB. Острее лезвея, которое выдается какъ TM= разстоянію ab отъ AB, и скользящее *па-*

Digitized by Google

раллельно по длинѣ aTb опишетъ концемъ своимъ M кругъ AMB. Итакъ при движеніи токарнаго станка кругъ сей опишетъ шаръ. Острее лезвея можно помѣстить еще такимъ образомъ, что основаніе онаго T (фиг. 7), скользя по длинѣ меридіональнаго круга aTb, имѣющаго центромъ, центръ меридіональнаго круга и всегда направляется къ центру O, двухъ круговъ AMB и aTb. Очевидно, когда T проходитъ кругъ aTb, должно чтобы TM, tm, представляющія разности радіусовъ двухъ круговъ были постоянны, то есть, чтобы точка M проходила всегда по меридіональному кругу; такимъ образомъ острее лезвея будетъ постоянно находиться на поверхности шара.

Шары производятъ также чрезъ отливаніе; такимъ образомъ дѣлаютъ *пушечныя ядра*, которые суть сплошные шары. Для выливанія *бомбъ* или *гранатъ*, имѣющихъ внутри сферическія (шарообразныя) пустоты, должно сдѣлать форму, состоящую изъ двухъ разрѣзанныхъ частей (фиг. 8) и представляющихъ два шара, одинъ сплошной A, а другой пустой BBB. Между сими двумя шарами отливается бомба или граната. Очевидно, что точность производства зависитъ здѣсь отъ

Digitized by Google

многихъ обстоятельствъ: 1. двѣ части A и BBB, должны имѣть совершенную фигуру шара; 2. центры сихъ шаровъ должны быть въ одной точкѣ.

Если въ кругѣ AmBm' (фиг. 9), проведемъ хорду mm' и радіусъ OoA, перпендикулярный къ сей хордѣ, а потомъ станемъ вращать фигуру AmO, около оси AOB, то: 1. дуга круга Am, опишетъ *сферическую чашечку*; 2. сегментъ круга mAm' произведетъ *сферическій сегментъ*; 3. отъ сектора круга Om Am' произойдетъ *секторъ шара*.

Теперь рѣшимъ тѣ вопросы, которые въ художествахъ имѣютъ весьма большое употребленіе.

Найти *поверхности*: сферической чашечки mAm' (фиг. 9) и цѣлаго шара? Найти *толстоту* сферическаго сегмента и цѣлаго шара?

Для опредѣленія поверхности чашечки mAm' (фиг. 9), положимъ что въ дугѣ mAm' большаго круга шара вписанъ многоугольникъ, имѣющій весьма большое число сторонъ mn, np . . . . . , и представимъ себѣ, что сей многоугольникъ обращается около оси AOB чашечки, то каждая часть прямой линіи mn, np , ... , произведетъ усѣченный конусъ,

Digitized by Google

котораго ось будетъ AOB. Общая поверхность сихъ усѣченныхъ конусовъ, будетъ тѣмъ менѣе разниться отъ поверхности сферической чашечки, чѣмъ болѣе будетъ число боковъ въ многоугольникѣ mnpAp'n'm'. Поелику поверхность прямаго усѣченнаго конуса mmn'n', равна суммѣ окружностей двухъ основаній, умноженной на половину ребра mn, то:

пов. усѣч. кон. $mm'n'n = (\text{окр. } mm' + \text{ок. } nn')\frac{1}{2}mn$.

пов. усѣч. кон. $nn'p'p = (\text{окр. } nn' + \text{ок. } pp')\frac{1}{2}np$.

и такъ далѣе.

Если проведемъ nh, параллельно оси, то прямоугольный трехугольникъ mnh, будетъ подобенъ прямоугольному трехугольнику Oig, образованному линіями: Oi, перпендикулярною къ хордѣ mn; ig, перпендикулярною къ оси AO и потому къ nh, и наконецъ Og, перпендикулярною къ mh.

Два трехугольника подобны, то nh : nm : : ig : iO : : окруж. имѣющая радіусомъ ig или діаметромъ ii' : окруж. имѣющей радіусомъ iO или діаметромъ AB, предполагая что число боковъ многоугольника столь велико, что не находится чувствительной разницы между Oi и Om=OA радіусу шара.

Digitized by Google

Итакъ $mn \times$ окруж. $ii' = nh \times$ окруж. AB, но ..... $ii' = \frac{1}{2}(mm' + nn')$; то $mn \times \frac{1}{2}$ (окруж. $mm' +$ окр. $nn') = nh \times$ окруж. AB.

Первый членъ сего равенства есть поверхность усѣченнаго конуса $mm'n'n$, второй окружность большаго круга, умноженная на nh, высоту усѣченнаго конуса.

Итакъ, если многоугольникъ mnp....., составленъ изъ весьма большаго числа чрезвычайно малыхъ боковъ, то поверхность, которую онъ производитъ равна окружности большаго круга шара, умноженной на сумму высотъ nh, ph'....., усѣченныхъ конусовъ, произшедшихъ отъ круговращенія боковъ многоугольника. Посему:

I. *Поверхность сферической чашечки* mAm', *равна окружности большаго круга шара, умноженной на стрѣлку* Ao *чашечки.*

II. *Поверхность шара, равна окружности его большаго круга, умноженной на діаметръ сего большаго круга.*

Поелику поверхность большаго округа Am Bm', равна окружности, умноженной на половину радіуса или на четверть діаметра, то *поверхность шара равна четырежды взятой поверхности его большаго круга.*

Digitized by Google

Если извѣстно, что для равномѣрнаго покрытія всего круга AmBm'A (фиг. 9), потребно столько то вѣсу, или такая то площадь краски или листа свинца, мѣди, желѣза и проч., можно заключить, что *четырежды* взятой вѣсъ сей краски, или сей площади металлическаго листа, достаточны для совершеннаго покрытія шара, когда сей кругъ есть большой кругъ онаго, и что *дважды* взятый вѣсъ сей или сія площадь, совершенно покроетъ полушаръ, имѣющій основаніемъ сей кругъ.

Измѣреніе толстоты шара и его частей. Представляя что поверхность шара составлена изъ весьма большаго числа чрезвычайно малыхъ граней, изъ коихъ каждую можно принять за основаніе пирамиды, имѣющей вершину въ центрѣ шара. Толстота каждой пирамиды равняется площади основанія умноженной на треть ея высоты, которая здѣсь есть треть радіуса, то толстота всего шара, равна суммѣ всѣхъ сихъ малыхъ граней, умноженной на треть его радіуса. Итакъ, *толстота шара измѣряется произведеніемъ изъ площади его поверхности на треть его радіуса,* или четыре-

Digitized by Google

жды взятой площади большаго круга умноженной на треть радіуса.

Также опредѣлимъ, что *толстота сектора шара* Om Am'O (фиг. 9) *равна произведенію изъ его поверхности* (чашечки) mAm', *на треть радіуса шара.*

Если изъ сего произведенія вычесть толстоту конуса mOm', то получимъ *толстоту сферическаго сегмента* mAm' $= \frac{1}{3}$ окруж. AmBm' $\times$ Ao $\times$ Ao $- \frac{1}{6}$ окруж. mm' $\times$ Oo $\times$ mo.

Способъ, служащій для изчисленія поверхности шара, доставляетъ намъ средство составленія сей поверхности. Пусть требуется покрыть сферическій сводъ плоскими листами металла или какого другаго вещества? Для сего раздѣляютъ своды рядомъ параллельныхъ плоскостей на зоны или круглые слои mm'n'n', nn'p'p, ... (фиг. 9), которыя предполагаются коническими, и потому развертывающимися. Слѣдующимъ образомъ развертываютъ поверхность усѣченнаго конуса mm'n'n.

Продолжимъ mn, m'n' (фиг. 9), до встрѣчи ихъ въ точкѣ s вершины конуса, котораго усѣченный конусъ mm'n'n составляетъ часть. Если развернемъ сей конусъ, то всѣ

Digitized by Google

точки каждаго основанія mm′ и nn′, равно удаленыя отъ вершины s (фиг. 9), будутъ развернуты по двумъ дугамъ круга MM′ и NN′ (фиг. 9 bis), имѣющихъ центры въ S.

Здѣсь будемъ имѣть (фиг. 9 и фиг. 9 bis), что окруж. mm′ = дугѣ MKM′ и окруж. n′n = дугѣ NLN′. Опредѣлимъ величину угла MSM′. Дуга MKM′ есть часть окружности, описанной радіусомъ mo; но сія окружность относится къ окружности описанной даріусомъ SM : : mo : SM; слѣдовательно окружность описанная радіусомъ mo = MKM′ = окружности описанной радіусомъ SM, ужноженной на $\frac{mo}{MS}$. Итакъ, дуга MKM′ представляетъ $\frac{mo}{SM} \times 360$ окружности, описанной радіусомъ SM. Посему должно только сдѣлать ужноженіе и дѣленіе, дабы получить число градусовъ угла MSM′, а слѣдовательно и самый уголъ. Описавъ радіусами SM = sm и SN = sn, дуги MKM′ и NLN′ (фиг. 9 bis), получимъ поверхность зоны MKM′N′LN, которую согнувъ и соединивъ концами MN и M′N′ будемъ имѣть самую зону mm′n′n (фиг. 9).

Жестяникъ и *картонщикъ*, изъ листовъ металла или папки, нарѣзанныхъ круглыми полосами, потомъ спаенныхъ или склеенныхъ

Digitized by Google

вмѣстѣ, часто дѣлаютъ различныя поверхности, которыя тѣмъ менѣе отличаются отъ шара, чѣмъ многочисленнѣе и уже будутъ полосы сіи. Предшествующій способъ будетъ для нихъ весьма полезенъ; онъ служитъ также Архитекторамъ, плотникамъ, и проч.

Показавъ способы производить сферическія поверхности помощію *конусовъ*, покажемъ теперь средства дѣлать ихъ помощію *цилиндровъ*.

Для сего представимъ себѣ, что чрезъ ось АОВ шара (фиг. 10), проведено множество меридіональныхъ плоскостей, такимъ образомъ, что онѣ раздѣляютъ пространство около сей оси на весьма малые плоскіе углы. Представимъ еще рядъ плоскостей перпендикулярныхъ къ оси шара, и потому параллельныхъ между собою, то: 1. онѣ пересѣкутъ меридіональные круги въ точкахъ равноотстоящихъ на сихъ кругахъ. Точки сіи будутъ вершины подобныхъ, правильныхъ многоугольниковъ, которыхъ соотвѣтствующія бока параллельны. Всѣ бока параллельные данному направленію, образуютъ цилиндръ, который будетъ проходить въ одно время чрезъ два послѣдовательные меридіональные круга.

Digitized by Google

Такимъ образомъ получимъ рядъ цилиндрическихъ полосъ, которыя по очертанію своему подобны сторонамъ дыни, и чѣмъ многочисленнѣе будутъ стороны сіи, тѣмъ болѣе образуемая ими поверхность будетъ приближаться къ виду шара.

Приложеніе. Такимъ образомъ совокупляютъ цилиндрическія стороны для образованія шара, или частей онаго изъ покрытаго камедью шелка, изъ кожи, папки, чистаго шелка, газа, бумаги, и проч. служащихъ для сдѣланія аэростатовъ, маленькихъ воздушныхъ шаровъ, глобусовъ земляныхъ и небесныхъ, нужныхъ при изученіи Географіи и Астрономіи, для зонтиковъ, полукруглыхъ щитковъ, для кинкетокъ. Въ зонтикахъ и щиткахъ, направленіе меридіановъ означается прутиками изъ китовыхъ усовъ или изъ желѣзной проволоки.

Вотъ фигура, которую должно давать цилиндрическимъ сторонамъ, дабы собраніе оныхъ образовало поверхность, и которыхъ бы очерчія были меридіаны того самаго шара. Широты $mm' = MM'$, $nn' = NN'$, ... (фиг. 10) одной стороны пропорціональны радіусамъ OM и ON, параллельныхъ круговъ, по

Digitized by Google

причинѣ подобія трехугольниковъ OMM′, ONN′; но поелику OM и ON, суть радіусы параллельныхъ круговъ, соотвѣтствующихъ mm′ и nn′, то будетъ OM: ON : : MM′ : NN′ : : mm′: nn′. Такимъ образомъ легко узнать широты, соотвѣтствующія различнымъ точкамъ каждой стороны, слѣдовательно и самую фигуру сихъ сторонъ.

Приложенія къ Географіи и Астрономіи. Науки сіи дѣлаютъ весьма важное употребленіе свойствъ шара.

Очевидно, что фигура Земли имѣетъ фигуру поверхности вращенія, которая весьма мало разнится отъ поверхности шара.

Надлежало пройти вѣкамъ, дабы люди признали, что Земля нами обитаемая, кругла во всемъ смыслѣ и имѣетъ фигуру шара. Потребно было большихъ успѣховъ Геометріи и Механики дабы Астрономы могли узнать, что Земля наша по одному направленію сжата, а по другому къ сему перпендикулярному выпукла.

Географы, принявъ что поверхность Земли имѣетъ сферическую фигуру, раздѣлили оную слѣдующимъ образомъ:

Digitized by Google

Они назвали *Осью*, ту мысленную прямую линію, около которой кажется воздухъ сообщаетъ ей полное обращеніе въ сутки или въ двадцать четыре часа. Они дали наименованіе *Полюсовъ*, тѣмъ двумъ точкамъ, въ которыхъ Земная Ось пересѣкаетъ ее поверхность. Они назвали *меридіональными плоскостями*, тѣ плоскости которые проходятъ чрезъ Полюсы, и *меридіональными кругами*, линіи пересѣченія сихъ плоскостей съ поверхностію Земли. Они наименовали *параллельными кругами*, всѣ круги, въ которыхъ поверхность Земли пересѣкается плоскостями между собою параллельными и перпендикулярными къ Оси.

Если будемъ разсматривать Землю какъ поверхность вращенія, то два параллельные круга будутъ имѣть одинъ отъ другаго повсюду одно и тоже разстояніе, а меридіаны будутъ измѣрять разстоянія отдѣляющія на поверхности ея параллельные круги.

Параллельный кругъ, котораго плоскость проходитъ чрезъ центръ Земли, есть большій изъ всѣхъ круговъ и называется *Экваторомъ*; онъ раздѣляетъ Землю на двѣ равныя части, называемыя *полушаріями*.

Digitized by Google

Сѣвернымъ полушаріемъ, называется тотъ, который содержитъ въ себѣ *сѣверный Полюсъ*, слѣдовательно *Россія лежитъ въ сѣверномъ полушаріи*. Другой полушаръ, именуется *южнымъ*, по имени содержимаго имъ Полюса.

Если представимъ себѣ 360 плоскихъ меридіановъ, равно между собою отстоящихъ, то углы ими содержимые будутъ въ 1°, посему они раздѣлятъ въ одно время и каждый изъ параллельныхъ круговъ и самый экваторъ на 360 равныхъ частей, то есть на 360 градусовъ, что называется *градусами долготы*. Если же теперь раздѣлимъ пространство, заключающееся между каждыми двумя изъ 360 меридіановъ на 60 равныхъ частей, новыми плоскими меридіанами, то сіи плоскости раздѣлятъ ихъ на 60 равныхъ частей, слѣдовательно на *минуты*, и проч.

Когда параллельные круги равно между собою отстоятъ и когда ихъ будетъ 180, то они раздѣлятъ меридіаны на 360 равныхъ частей, которые будутъ *градусы широты*. Промежуточные параллельные круги подраздѣлятъ сіи градусы на *минуты, секунды, терціи* . . . .

Раздѣленіе поверхности Земли на

Digitized by Google

сферическіе четырехугольники, для описанія предметовъ на оной находящихся Подобно тому какъ раздѣляютъ на четырехугольники плоскость, помощію параллельныхъ и перпендикулярныхъ линій, дабы замѣчать положеніе фигуръ начертанныхъ на сей плоскости, раздѣляютъ поверхность земли на сферическіе четырехугольники, помощію параллельныхъ и перпендикулярныхъ круговъ, дабы съ точностію означить на сей поверхности, положеніе всѣхъ примѣчательныхъ точекъ, линій, какъ напр. помѣщеніе городовъ, тѣченіе рѣкъ, направленіе цѣпей горъ, очертанія береговъ, морей и проч.

Положеніе каждой точки опредѣлится совершенно, когда будемъ знать въ какомъ полушаріи, на какомъ параллельномъ кругѣ и на какомъ меридіанѣ они находятся. Параллельные круги считаются чрезъ 0°, 1°, 2°, 3°, ... 80° *широты*, отъ экватора до сѣвернаго полюса съ одной стороны, а съ другой отъ экватора до южнаго полюса. Меридіаны считаются чрезъ 0°, 1°, 2°, 3°, ... 180° *долготы*, начиная отъ перваго меридіана проходящаго чрезъ Канарскій островъ

Digitized by Google

Ферро *), различая градусы къ востоку отъ градусовъ идущихъ къ западу.

Итакъ, если знаемъ, въ которомъ полушаріи находится какая либо точка, то надлежитъ непремѣнно знать число градусовъ, ознающее 1. ея широту, 2. ея долготу, дабы имѣть точное положеніе оной, которую тогда никакъ нельзя будетъ смѣшать ни съ какою другою точкою.

Весьма полѣзный трудъ въ Географіи, Астрономіи, Мореплаваніи, состоитъ въ измѣреніи для значительныхъ городовъ, достопримѣчательныхъ точекъ земнаго шара, числа градусовъ, и дробей градусовъ долготы и широты, которые опредѣляютъ ихъ *положеніе*. Сіе какъ видно есть средство, выражать на шарѣ положенія точки, помощію двухъ числъ, средство совершенно сходное съ тѣмъ, которое употребляется для означенія положенія точки на плоскости, также помощію двухъ числъ.

---

*) Англичане на своихъ Географическихъ и Гидрографическихъ картахъ, означаютъ меридіанъ проходящій чрезъ обсерваторію Гренвича, не подалеку отъ Лондона. Французы проводятъ его чрезъ Парижскую обсерваторію.

Digitized by Google

Географы воспользовались симъ сходствомъ для представленія сферической поверхности земли на плоской картѣ, составленной изъ четырехугольниковъ, образованныхъ изъ прямыхъ линій.

Равноотстоящія прямыя параллельныя линіи I. I, II. II, III. III ..... (фиг. 2 главы V) представляютъ *спрямленные* натуральные меридіаны, тогда параллельныя прямыя 1. 1, 2. 2, 3. 3, ... будутъ изображать параллельные круги, не только спрямленные но и *вытянутые*, поелику 1. 1 = 2. 2. = 3. 3 и проч. хотя параллельные круги по мѣрѣ удаленія ихъ отъ экватора между собою сближаются.

Положимъ что дѣленія 1. 2, 2. 3, 3. 4 .... вытягиваются пропорціонально соотвѣтствующимъ параллельнымъ кругамъ 1. 1, 2. 2, 3. 3, ... Если теперь представить, что четырехугольники весьма малы, то каждый изъ четырехугольниковъ начерченныхъ на шарѣ, можно принять за плоскій четырехугольникъ, его длина и ширина будутъ пропорціональны длинѣ и ширинѣ четырехугольника, вытянутаго на картѣ пропорціонально.

Въ уменшенной картѣ, всякаго рода фи-

Digitized by Google

гуры, находящіяся на шарѣ, приводятся въ подобныя плоскія части, каждыя маленькія части ихъ составляющія будутъ между собою подобны, ихъ линіи дѣлаютъ тѣ же самые углы какъ между собою такъ съ параллельными кругами равно и съ меридіанами и проч. Таковы суть карты, которыя особенно называются *морскими картами.*

Приложеніе къ направленію путей въ мореходствѣ. Если представить, что корабль плыветъ по одному пути, который составляетъ съ меридіаномъ всегда одинъ и тотъ же уголъ, то путь сей изобразится на картѣ *прямою линіею*, проведенною отъ точки отплытія до точки прибытія на мѣсто. Сія самая линія покажетъ *румбъ*, котораго мореплаватель держаться долженъ, дабы отъ одной точки прибыть къ другой, плавая по сферическому морю, или по крайнѣй мѣрѣ по морю, котораго поверхность есть поверьхность вращенія.

Предполагая что земля имѣетъ фигуру шара, Географы хотѣли сказать только, что земля, не взирая на встрѣчаемыя на поверхности ея неравенства, относительно къ величинѣ своей весьма мало разнится отъ

Digitized by Google

фигуры шара. Въ самомъ дѣлѣ если сравнимъ, высоту одной изъ высочайшихъ горъ земнаго шара, высоту горы Пикъ - Тибета (въ Азіи), которая надъ поверхностію океана имѣетъ $6\frac{1}{2}$ верстъ, съ величиною діаметра земли въ 11944 версты, то видимъ ничтожность ея съ столь огромнымъ шаромъ.

Простая шероховатость померанцовой корки, имѣетъ возвышенія, которыя болѣе выдаются въ сравненіи съ объемомъ его, нежели наивысочайшія горы въ отношеніи съ объемомъ земнаго шара.

Для измѣренія съ величайшею точностію сихъ неровностей, предполагаютъ, что чрезъ какую нибудь опредѣленную точку, напр. поверхности моря, озера, проходитъ поверхность шара, имѣющая одинъ центръ съ Землею, на которой означаютъ меридіаны и параллельные круги, соотвѣтствующіе меридіанамъ и параллельнымъ кругамъ Земли.

Для опредѣленія положенія какой либо точки шара, означаютъ высоту сей точки надъ поверхностію принятаго шара, потомъ считаютъ число градусовъ долготы и широты, что узнается по параллельнымъ кругамъ и меридіанамъ, проходящимъ чрезъ перпендику-

Digitized by Google

ляръ опущенной изъ наблюдаемой точки на принятую поверхность шара.

При изъясненіи равновѣсія жидкостей, мы покажемъ какимъ образомъ помощію инструмента, называемаго *барометромъ*, можно измѣрять высоты различныхъ точекъ земнаго шара, и относить ихъ къ поверхности шара, принятой для сравненія. Таковыя измѣренія составляютъ, не одинъ только предметъ любопытства, они служатъ также Инженерамъ для проведенія каналовъ и дорогъ, для узнанія высотъ углубленій и возвышенностей, которыя должно переходить чтобы отъ одной точки итти въ другую. Они служатъ для раздѣленія земнаго шара на поясы, которыхъ высоты опредѣляютъ климатъ и многія физическія свойства.

Назависимо отъ безчисленныхъ неравенствъ, образующихъ возвышенія болѣе или менѣе пространные, болѣе или менѣе примѣчательные на поверхности земли, она сама по себѣ имѣетъ видъ, который удаляетъ ее отъ фигуры шара. Земля къ полюсамъ сжата, а къ Экватору возвыщенна. И такъ поверхность шара у полюсовъ находится ближе къ

Digitized by Google

центру Земли, въ среднихъ поясахъ она отъ онаго дальше, а у Экватора еще далѣе.

Познаніе сжатія земли весьма важно для промышленности, ибо сіе сжатіе содѣлываетъ градусы широты у полюсовъ длиннѣе а у Экватора короче (*). Оно имѣетъ вліяніе на дѣйствіе тяжести, которой подвластны всѣ тѣла; сила сія у полюсовъ оказываетъ болѣе дѣйствія нежели подъ Экваторомъ; также качаніе маятника по мѣрѣ приближенія его къ Экватору, становится постепенно медлѣннѣе. Равнымъ образомъ воздухъ при полюсахъ гораздо болѣе вѣситъ, нежели при экваторѣ; изъ сего выходитъ разность дѣйствія гидравлическихъ и паровыхъ машинъ, и проч.

Когда мы будемъ говорить о машинахъ и о дѣйствующихъ силахъ (томы 2-й и 3-й), то покажемъ по какому закону измѣняется

(*) Дабы представить себѣ о томъ понятіе то можно разсмотрѣть 36 фигуру таблицы IV, гдѣ видна сжатая кривая BDEFG, въ которой BG, можно принять за Экваторъ а E за полюсъ. Дуга DF имѣетъ радіусомъ DP, который больше BO и GQ, то и градусы дуги DEF больше градусовъ дугъ BD и FG.

Digitized by Google

тяжесть тѣлъ, давленіе атмосферы (воздуха окружающаго землю) и скорость качанія маятника, въ различныхъ точкахъ земной поверхности; потомъ покажемъ какія изъ того выходятъ слѣдствія для большаго числа художествъ.

Небесный шаръ. Дабы означить на небесномъ сводѣ, подобно какъ на землѣ, положеніе свѣтилъ, употребляютъ шаръ, раздѣленный на четырехугольники параллельными кругами и меридіанами. Для сего предполагаютъ: 1. что видимое нами небо есть шаръ, имѣющій одинъ центръ и одну ось съ Землею; 2. что всѣ свѣтила небесныя находятся на поверхности сего шара.

Большая часть сихъ свѣтилъ суть звѣзды, остающіяся всегда въ одинаковыхъ между собою разстояніяхъ на небесномъ шарѣ, на коемъ относительное ихъ положеніе не измѣняется.

Если какая либо звѣзда будетъ точно находиться на направленіи оси земной, то есть въ направленіи полюсовъ, то она одна будетъ не подвижна когда всѣ другія двигаются. Та изъ звѣздъ, которую называютъ полярною, весьма близка къ нашему полюсу и

Digitized by Google

по сей причинѣ описываетъ весьма малый кругъ.

Всѣ звѣзды въ отношеніи къ намъ измѣняютъ положеніе свое. Астрономы измѣряютъ число градусовъ по широтѣ и долготѣ, означающее сіе положеніе на каждый день въ извѣстные часы онаго. Примѣтивъ на небѣ рядъ отдѣльныхъ точекъ достаточно опредѣляющихъ путь, описываемый какимъ либо свѣтиломъ они провели чрезъ сіи точки непрерывную кривую, которая показываетъ путь, совершаемый симъ свѣтиломъ въ кажущемся движеніи своемъ на поверхности небеснаго шара.

Астрономы, изслѣдывая сіи кривыя, которыя произошли на небесномъ шарѣ отъ движенія свѣтилъ, узнали, что они плоски и могутъ быть начерчены на прямомъ кругломъ конусѣ или на конической поверхности вращенія и составляютъ коническія сѣченія. Планеты въ теченіи своемъ слѣдуютъ по *элипсису*, кометы кажется движутся по *параболѣ*, а Солнце занимаетъ фокусъ сихъ кривыхъ линій. (Смотри XIII главу).

Сіи приложенія Геометріи къ теченію свѣтилъ столь важны, что безъ нихъ бы не

Digitized by Google

возможно было открыть того важнаго закона притяженія, которымъ изъясняются силы и движенія всей нашей планетной системы, они придаютъ новымъ астрономическимъ наукамъ величайшее превосходство предъ древними.

Итакъ, начиная отъ простаго котельника, дѣлающаго воронки по формамъ прямаго круглаго конуса, которыя вырѣзываетъ онъ косо, если потребно придѣлать ихъ къ какому либо сосуду въ косвенномъ направленіи и до Геометра, вычисляющаго движеніе небесныхъ тѣлъ и форму видимыхъ конусовъ, имѣющихъ основаніемъ кривую пробѣгаемую центромъ свѣтила, вездѣ находимъ одну и туже Геометрію, тѣже поверхности, тѣже сѣченія, тѣже кривыя, которыя равно служатъ какъ для употребленія въ простыхъ ремеслахъ, такъ и въ приложеніяхъ къ важнымъ наукамъ.

Таковыми приближеніями я всегда имѣю цѣлію содѣлать легкими понятія, которымъ страшатся учиться, но которыя легко можно уразумѣть, замѣтивъ ихъ сходство съ понятіями весьма для насъ обыкновенными, поелику они прикладываются къ работамъ

Digitized by Google

ежедневно совершаемымъ нашими руками или предъ нашими глазами. Я осмѣливаюсь сказать, что вотъ истинная философія Геометріи, приложенной къ наукамъ, художествамъ и ремесламъ.

Если во время прекрасной ночи со вниманіемъ разсмотримъ зрѣлище небесное, то замѣтимъ, что свѣтила которыми наполненъ сводъ небесный, въ отношеніи къ намъ перемѣняютъ свое положеніе. Мы видимъ ихъ ежедневно восходящими какъ и солнце со стороны востока; возвышающимися къ полудню и нисходящими къ западу, дабы до завтрешняго дня изчезнуть отъ взоровъ нашихъ.

Въ движеніи семъ каждое свѣтило описываетъ кругъ и всѣ сіи круги имѣютъ одну ось, которая также есть Ось Земли. Итакъ небесная картина представляетъ взорамъ нашимъ, какъ будто сводъ неба одушевленъ круговымъ движеніемъ около Оси Земли.

Въ продолженіи многихъ вѣковъ, цѣлые народы думали, что всѣ свѣтила сіи обращаются около нашего шара, который въ общенародномъ вѣрованіи оставался не подвижнымъ въ центрѣ всего Міра.

Digitized by Google

Геометрія изъясняетъ секретъ обмана сего движенія.

Разстояніе между нами и свѣтилами столь велико, что лучи зрѣнія, проведенныя отъ различныхъ точекъ земли до одного какого либо свѣтила кажутся параллельными. И такъ видъ неба останется тотъ же, находились бы мы на поверхности или въ центрѣ земли; положимъ, что мы находимся въ центрѣ оной. Если небо совершаетъ полный оборотъ, около Оси Міра, въ двадцать четыре часа, то Земля не обращается; если же Солнце стоитъ неподвижно, то надлежитъ на оборотъ, чтобы земля обращалась около Оси Міра. Въ семъ движеніи, тѣ точки неба, которыя кажутся постоянными, будутъ полюсами міра. Поелику разстояніе каждаго свѣтила до полюсовъ остается не измѣняемымъ, то каждая звѣзда, хотя и кажется восходящею и нисходящею въ отношеніи горизонта различныхъ точекъ земли, будетъ всегда на лучѣ зрѣнія, дѣлающемъ одинъ и тотъ же уголъ съ лучемъ, направленнымъ къ полюсу, который представляетъ Ось Міра. Итакъ каждая звѣзда кажется намъ движущеюся по одному конусу лу-

Digitized by Google

чей зрѣнія, и всѣ звѣзды приближаясь по ихъ относительнымъ конусамъ, будутъ казаться намъ остающимися въ ихъ относительныхъ разстояніяхъ. Посему зрѣлище неба будетъ совершенно тоже самое, если положимъ, что земля остается не подвижною, а небо движится.

Итакъ, помощію простаго свойства вращенія поверхностей и точекъ около постоянной оси узнали тождество небесныхъ явленій, когда Земля остается неподвижною, а небесный сводъ обращается около оси Земли или напротивъ, когда сводъ небесный остается неподвижнымъ, а Земля обращается около самой себя. Когда вы узнаете законы круговращательнаго движенія, то увидите что заставило Геометровъ принять мнѣніе сей послѣдней системы.

Шаръ, не есть единственная поверхность вращенія, которую можно произвести обращеніемъ круга около прямой линіи. Если положимъ, что ось поверхности не проходитъ чрезъ центръ круга, то отъ сего произойдетъ поверхность вращенія, называемая *кольцевобразною*, поелику кольца производимыя

Digitized by Google

промышленностію суть частные случаи сего рода поверхностей. Очевидно, что сѣченіе меридіональныхъ плоскостей съ кольцомъ будутъ равные круги (фиг. 12), а сѣченія всѣхъ параллельныхъ плоскостей съ поверхностію кольца, будутъ также круги, но различныхъ радіусовъ.

Перстни и кольца, которые мужчины и женщины носятъ на пальцахъ суть кольцеобразныя поверхности.

Художества часто употребляютъ кольца ABC (фиг. 13), входящія въ ушко EDH пробоя EDHF, укрѣпленное въ полу или въ стѣнѣ, дабы представлять тѣмъ постоянный кругъ, къ которому бы можно было привязать веревку.

Также употребляютъ кольца или части колецъ для украшеній *Архитектуры*.

Четвертные валы AA, QQ (фиг. 14), капителей и базъ колоннъ, суть четверти кольцеобразной поверхности, произшедшей отъ обращенія круга около оси колонны; *большой валъ* BB, есть *половина* кольцеобразной поверхности, образованной обращеніемъ круга около оси колонны.

Digitized by Google

Архитекторъ, равнымъ образомъ употребляетъ кольцеобразныя поверхности для построенія сводовъ. Такимъ образомъ строятъ большіе своды полушаріями ABC (фиг. 15), около которыхъ идутъ кольцеобразныя поверхности, имѣющія меридіанами полукруги ADE, CFG.

Круглые сосуды старинной формы, таковые какъ видно въ фигурѣ 16 й, составляются изъ цилиндрическихъ частей AB, CD, DF, GH, и изъ частей кольцеобразныхъ mn, pq, rs, tu, xy.

Столяръ, выдѣлывая наличники около сводчатыхъ дверей или окошекъ, описываетъ рубанкомъ своего струга *кольцеобразныя поверхности.*

Колоколъ ABCDE (фиг. 17), въ который звонятъ на фабрикахъ, въ церквахъ и домашнемъ быту, есть поверхность вращенія, равнымъ образомъ состоящая изъ коническихъ и кольцеобразныхъ частей.

Морскіе употребляютъ полукруглыя веревками обвитыя кольца, называемыя ими *кацшалы.* Одна веревка обхватывается около кольца, ложась въ внѣшней вогнутости онаго. Два конца оной связываются такимъ об-

Digitized by Google

разомъ, чтобы кольцо не могло выскочить изъ оной, другая веревка проходитъ въ кольцо и движется въ ономъ свободно.

Астрономы, долгое время не могли изъяснить наружнаго вида *Сатурна* и его *кольца*, которое по очереди представляется въ различныхъ видахъ I, II, III, (фиг. II), но когда они болѣе пріобрѣли геометрическихъ познаній, то легко узнали, что *кольцо*, измѣняемое въ видахъ I, II, III, которое кажется то окружаетъ, то пересѣкаетъ шаръ Сатурна, въ самомъ дѣлѣ имѣетъ постоянную фигуру и величину. Простой и легкой способъ проэкцій достаточно все сіе изъясняетъ.

Кольцеобразная поверхность, которую художества наиболѣе употребляютъ есть *колесо*. Колеса употребляемыя въ блокахъ суть весьма плоскіе цилиндры, имѣющіе на обводахъ своихъ желобки, сдѣланные по формѣ кольцеобразной поверхности, которой производящая есть полукругъ.

Косяки колесъ повозокъ *m*, *m*, *m*.... (фиг. 18), равнымъ образомъ образуютъ кольцеобрезныя поверхности вращенія. Въ центрѣ сихъ колесъ находится *ступица* ABCD. *Спи-*

Digitized by Google

цы или радіусы, въ равныхъ разстояніяхъ между собою находящіяся соединяютъ сію первую поверхность вращенія съ кольцемъ образуемымъ косяками. Косяки состоятъ изъ равныхъ частей, покрываются желѣзными шинами, которыми стягиваются они концами своими одинъ къ другому.

Въ иныхъ колесахъ, спицы находятся въ одной плоскости rRRr, тогда шины перпендикулярны къ сей плоскости и образуютъ цилиндръ.

Въ другихъ колесахъ спицы Ss, Ss, располагаются по прямому круглому конусу; шины ихъ перпендикулярныя къ симъ спицамъ образуютъ сами коническую поверхность. Таковы суть коническія колеса.

Когда будемъ разсматривать механическія свойства колесъ, мы сравнимъ выгоды и невыгоды сихъ двухъ родовъ поверхностей вращенія, относительно перевозки тяжестей по дорогамъ.

Поверхность вращенія, примѣчательнѣйшая по простотѣ своего устройства, есть поверхность *бочки*, бочка составляется изъ тонкихъ досокъ называемыхъ *ладами*, соединенныхъ между собою узкими сторонами такъ,

Digitized by Google

что будучи согнуты и стянуты параллельными обручами AB, ab, cd, CD (фиг. 19), образуютъ поверхность вращенія, которой обручи представляютъ параллельные круги, а швы ладовъ служатъ меридіанами.

Для образованія сихъ поверхностей вращенія, составляютъ круглыя плоскости называемыя днами изъ другихъ тонкихъ досокъ. Сіи круглыя плоскости по краямъ скашиваются на два ската коническимъ ребромъ, дабы дно могло входить въ круглую выемку, называемую уторы, которая дѣлается на внутренной поверхности ладовъ.

Для обдѣлыванія ладовъ, бочаръ по приведеніи ихъ въ надлежащую толстоту, съуживаетъ ихъ къ обѣимъ концамъ, проводя узкую сторону оныхъ по большему твердо лежащему стругу, называемому *фуганкомъ*. Онъ производитъ съуживанія сіе безъ всякихъ правилъ, по одному только глазомѣру, что производитъ часто весьма грубыя неправильности въ наружномъ видѣ бочекъ.

Дабы ладамъ симъ дать совершенно правильный видъ употребляютъ геометрическія средства. Положимъ, что каждый изъ ладовъ сгибается между тремя или болѣе постоян-

Digitized by Google

ными точками A, B, C (фиг. 20), и что Oo, представляетъ ось бочки, которой ABC есть ладъ; берутъ стругъ котораго рубанокъ находится въ меридіональной плоскости, то есть проходитъ чрезъ ось Oo. Положимъ что рубанокъ сей можетъ, то обращаться около сей оси, то ходить взадъ и впередъ въ своей меридіональной плоскости. Стругъ будучи прилично приближенъ къ ладу ABC обдѣлываетъ начиная сверьху одну узкую сторону по формѣ меридіана или профили бочки, а обернувъ ладъ сей обдѣлаетъ и другую.

Лады такимъ образомъ приготовленные, будутъ образовать совершенную поверхность вращенія.

Такимъ образомъ поступаютъ въ большой бочарной фабрикѣ въ Глазговѣ (въ Шотландіи).

Когда всѣ лады собраны, то подпиливаютъ оба конца ихъ по плоскости перпендикулярной къ оси; потомъ выдѣлываютъ *цторы* стругомъ подобнымъ *рейсмасу* столяра, который плоскою стороною кладется на окружность, представляющуюся концами ладовъ, между тѣмъ какъ узкое и выдающееся

Digitized by Google

изъ струга желѣзко находится на вертикальномъ стержнѣ, на достаточномъ ниже плоской стороны разстояніи. Дны положенныя одинъ возлѣ другаго вырѣзываются по кругу, имѣющему радіусъ равный радіусу уторъ. Сдѣлавъ сіе распускаютъ одинъ конецъ ладовъ, столько чтобы можно было въ уторы вставить дно. Потомъ сжимаютъ бочку, замѣщая предуготовительные обручи, употребленные при первоначальномъ образованіи бочки, окончательными деревянными или желѣзными обручами.

Изъ всѣхъ системъ сосудовъ, сдѣланныхъ изъ дерева, бочки суть наиважнѣйшія для содержанія жидкостей, ибо въ нихъ ничего не теряется когда дерево здорово, и при томъ бочки выдѣлываются весьма точно.

При укладкѣ вещей составляющихъ грузъ корабля, входитъ большое число бочекъ, занимающихъ многіе ряды AB, CD, EF (фиг. 21), называемые *первый, вторый, третій рядъ нагрузки.* Очевидно, что необходимо нужно знать высоту сихъ рядовъ, дабы знать какое пространство бочекъ вина, воды, спирта и проч. займутъ въ трюмѣ корабля, и слѣдова-

Digitized by Google

тельно, чтобы знать какое пространство останется для остальнаго груза *).

Хотя совокупность фигуры 21, выигрываетъ 27 сотыхъ радіуса бочекъ, но все теряется довольно большое пространство. Потеря сія нынѣ уничтожается отъ употребленія желѣзныхъ ящиковъ, кубической фигуры, для содержанія на кораблѣ воды, кото-

*) Замѣтимъ, что бочки m, n, p, предполагаемыя равными, касаются по три, слѣдовательно три центра сихъ бочекъ удалены одинъ отъ другаго на количество равное большому діаметру каждой бочки. Опустимъ въ трехугольникѣ mnp, изъ вершины n на основаніе mp, перпендикуляръ nh, если mh равная $ph = 1$, то $mn = 2$; по свойству прямоугольнаго трехугольника будетъ $nh^2 = mn^2 - mh^2 = 4 - 1 = 3$.

Откуда видно, что nh равна почти 1, 73. Но центры m, p. находятся отъ основанія на разстояніи радіуса бочекъ $= 1$, слѣдовательно высота центра n надъ основаніемъ будетъ 2, 73.

Если бочка n, была прямо положена на бочку p, то высота центра n, надъ основаніемъ составляла бы ровно 3 радіуса, слѣдовательно помѣщеніе каждаго ряда бочекъ выигрываетъ почти 27 сотыхъ радіуса.

Digitized by Google

рая притомъ гораздо лучше сохраняется въ сихъ ящикахъ.

Въ сухопутныхъ и морскихъ арсеналахъ, складываютъ пули, ядра, бомбы и гранаты одинаковаго діаметра или калибра, въ кучи горизонтальными слоями (фиг. 22). Основаніе кучь обыкновенно бываетъ прямоугольникъ, а фигура сихъ кучь бываетъ трехугольная призма, усѣченная съ симметрическими гранями *).

*) Для опредѣленія числа ядеръ, содержащихся въ кучѣ призматической, симметрически усѣченной, подобной фигурѣ 22, считаютъ число ядеръ одного изъ трехугольныхъ сторонъ ABC, которое при r, рядахъ ядеръ будетъ:

$$1+2+3+\ldots\ldots\ldots+r.$$

Умножаютъ треть сей суммы на сумму ядеръ заключающихся въ крайнихъ рядахъ $Aa+Bb+Cc$, которыя представляютъ ребра усѣченной, трехсторонной, симметрической призмы $ABCabc$.

Пусть n будетъ число ядеръ ребра Aa; каждое изъ реберъ Bb, Cc, будетъ имѣть $r-1$ ядрами больше ребра Aa. Итакъ $Aa+Bb+Cc=3n+2r-2$.

Слѣдовательно общая сумма ядеръ кучи =

$\frac{1}{3}(1+2+3+\ldots+r) \times (3n+2r-2)$, что весьма легко вычислить.

Если въ верхнемъ ряду Aa, будетъ одно только ядро, то куча обратится въ *четырехсторонную пирамиду*, которой число ядеръ будетъ:

$$\frac{1}{3}(1+2+3+\ldots+r) \times (3+2r-2)$$

или $\frac{1}{3}(1+2+3+\ldots+r) \times (2r+1)$

Когда куча *трехсторонная*, то $Aa = 1$, $Bb = 1$, $Bc = r$; слѣдовательно $Aa + Bb + Cc = r+2$.

Итакъ сумма ядеръ трехсторонной кучи, коей число рядовъ ядеръ есть v будетъ:

$$(1+2+3+\ldots+r) \times \frac{1}{3}(r \times 2)$$

Digitized by Google

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ.

О спиральныхъ поверхностяхъ.

Прежде нежели приступимъ къ изъясненію спиральныхъ поверхностей и приложенія ихъ къ искусствамъ, должно разсмотрѣть кривыя линіи, служащія для начертанія подобныхъ поверхностей.

Начертимъ прямоугольникъ OHка (фиг. 1), который помощію прямыхъ параллельныхъ линій Ab, Bc, Cd, и проч. раздѣлимъ на полосы равной ширины. Проведемъ всѣ наклонныя Aa, Bb, Cc, Dd, ... которыя очевидно будутъ параллельны между собою, поелику пересѣкаютъ равныя части другихъ параллельныхъ AB=ab, BC=bc, CD=cd и проч.

Теперь положимъ, что прямоугольникъ согнутъ по формѣ какаго нибудь цилиндра, имѣющаго линію OH однимъ изъ своихъ реберъ. Заключимъ совершенно цилиндръ, такъ чтобы линія ак точно совмѣстилась съ OH. Тогда точка a упадетъ въ O, b въ A, c въ B, d въ C и проч. Всѣ ребра, будучи парал-

Digitized by Google

лельны линіямъ OH и ак, изобразятся на прямоугольникѣ прямыми PQ, RS, TU, и проч. параллельными бокамъ OH и ак. Но въ прямоугольникѣ всѣ сіи параллельныя прямыя разсѣкаютъ подъ равными углами наклонныя Aa, Bb, Cc . . . . , поелику сіи наклонныя параллельны между собою. Наконецъ если согнуть прямоугольникъ въ цилиндръ (фиг. 3), то каждый изъ угловъ, образованныхъ наклонными Aa, Bb, Cc . . . . . (фиг. 1) и ребрами PQ, RS, TU . . . . . отъ сего ни сколько неизмѣнится. По сему свойство наклонныхъ Aa, Bb, Cc, ... состоитъ въ томъ, что при соединеніи ихъ на цилиндрѣ въ точкахъ A и b, B и c, C и d, ... (фиг. 1), онѣ образуютъ кривую, которая съ ребрами цилиндра составляетъ повсюду равные углы. Кривая сія имѣетъ названіе *цилиндрической спирали.*

Если прямоугольникъ согнуть такимъ образомъ, что онъ образуетъ цилиндръ, котораго основаніе будетъ кругъ, то получимъ спираль, наиболѣе употребляемую въ художествахъ.

Теперь положимъ, что двѣ точки, выходя изъ H двигаются въ одно время впередъ;

Digitized by Google

одна идетъ по боку Hк, прямоугольника (фиг. 1), а другая по наклонной Hh. Положимъ, что двѣ точки проходятъ въ одно время: 1) чрезъ PQ; 2) чрезъ RS; 3) чрезъ TU..... По свойству пропорціональныхъ линій будемъ имѣть: HQ : Qq : : HS : Ss : : HU : Uu, и проч.

По сему точка, идущая по направленію наклонной Hh, удаляется отъ основанія Hк, на количества Qq, Ss, Uu,....., пропорціонально разстоянію ребра OH до реберъ PQ, RS, TU.....

Итакъ, если около цилиндра будетъ обращаться одно изъ его реберъ HO, между тѣмъ какъ одна изъ точекъ будетъ итти по длинѣ сего ребра, такимъ образомъ, что пространства пробѣгаемыя сею точкою и ребромъ были пропорціональны, то опишетъ спираль, изображенную въ фиг. 3. Посему:

Спираль произходитъ отъ движенія точки, которая обращаясь около оси, идетъ параллельно оной и пропрорціонально количеству обращенія ея около сей самой оси.

Digitized by Google

Слѣдовательно *токарь* можетъ описать на цилиндрѣ спираль, помощію острея токарнаго орудія, двигая его впередъ параллель но оси и пропорціонально количеству обращенія сего цилиндра около оси.

Слѣдовательно также, при каждомъ оборотѣ цилиндра, орудіе токаря для описанія спирали, должно итти впередъ на длину, которая повсюду одинакова, что и составляетъ *оборотъ спирали.* Итакъ, *разстояніе различныхъ оборотовъ спирали, измѣряемое на каждомъ ребрѣ, есть постоянно.*

Положимъ, что сдѣланъ (фиг. 2) чрезъ отпечатаніе или другимъ образомъ оттискъ фигуры 1-й, то есть сдѣлана вторая фигура *симметрическая* первой и оный согнутъ на цилиндрѣ (фиг. 4), равномъ цилиндру фигуры 3-й, то такимъ образомъ образуется спираль разположенная *обратно* спирали фигуры 3-й.

Спираль фигуры 3 идетъ *на право,* а фигуры 4 *на лѣво.* Когда цилиндры (фиг. 3 и 4) равны и если обороты винта одинаковы, то спираль идущая вправо будетъ симметрически расположена въ отношеніи спирали идущей въ лѣво.

Digitized by Google

Спиральная фигура винта. Вмѣсто того, чтобы оборачивать одну только точку около оси, можно оборачивать какую нибудь плоскую фигуру напр: трехугольникъ (фиг. 5) или квадратъ (фиг. 6), и проч.; тогда произойдутъ поверхности, могущія быть входящія или исходящія, на сихъ цилиндрахъ, которые равнымъ образомъ сами могутъ быть впалыми или выпуклыми. *Винтовыми нарѣзками,* называютъ спиральныя впадины или выпуклости, образованныя около цилиндра трехугольниками или квадратами, впалыми или выпуклыми, которые идутъ впередъ по длинѣ спирали, сохраняя повсюду свою производящую фигуру въ одинаковомъ положеніи, относительно обвода сей спирали и въ отношеніи направленія оси цилиндра.

Винтомъ, называютъ цилиндръ (фиг. 5 и 6), на выпуклой поверхности котораго находятся винтовыя нарѣзки; *гайкою* или *щурупомъ,* называютъ впалый цилиндръ, имѣющій на вогнутой поверхности своей винтовыя нарѣзки.

Положимъ теперь, что имѣемъ два цилиндра одинаковаго діаметра, на обводахъ которыхъ начерчена одинаковая спираль, служащая

Digitized by Google

направляющею винтовой нарѣзки, одной выпуклой а другой впалой; то получимъ винтъ и щурупъ одинаковой нарѣзки и оборота. Я говорю, что если станемъ винтъ двигать впередъ и въ то же время оборачивать, то онъ ввинтится въ щурупъ такъ, что между винтомъ и щурупомъ нигдѣ не останется пустаго пространства, и, нигдѣ винтъ не уменьшится въ величинѣ своей.

Положимъ въ самомъ дѣлѣ, что начинаютъ приставлять конецъ нарѣзки винта къ краю нарѣзки щурупа, при чемъ два цилиндра винта и щурупа направляются такъ, что ихъ оси находятся въ одной прямой линіи. Положивъ сіе, одинъ цилиндръ оставимъ постояннымъ а другой заставимъ обращаться такимъ образомъ, что каждая точка нарѣзки винта идетъ параллельно оси, пропорціонально количеству обращенія оной и въ томъ отношеніи, которое означено кривизною спирали, слущащей направляющею нарѣзкамъ, то профиль поверхности выдающихся нарѣзокъ опишетъ такую же поверхность, какъ и вдавшіяся нарѣзки. По сему, выдающіяся нарѣзки будутъ совершенно касательныя во всѣхъ точкахъ вдавшихся нарѣзокъ. Таково есть дѣйствіе вин-

Digitized by Google

ма въ щурупѣ. Чтобы учащіеся могли имѣть ясное понятіе о трехугольныхъ и квадратныхъ нарѣзкахъ винтовъ и подражать онымъ, изображены они съ величайшею геометрическою строгостію въ фигурахъ 5 и 6. Это будетъ одно изъ лучшихъ геометрическихъ упражненій, которыя имъ предложить можно.

Подобно какъ спиралей имѣется два рода, однѣ идутъ на право, а другія на лѣво, такъ винты и щурупы бываютъ также двухъ родовъ, идущія вправо и влѣво. Очевидно, что винтъ идущій на право, не будетъ входить въ щурупъ идущій на лѣво, и обратно.

Винтъ имѣетъ весьма большое употребленіе въ художествахъ: то служитъ онъ къ перемѣнѣ прямолинейнаго движенія въ круговое, то къ произведенію обратной перемѣны. Смотри 2-й томъ о машинахъ.

Замѣтимъ (фиг. 1), что оборотъ OA = AB . . . . . винта, можетъ быть весьма малъ въ отношеніи къ длинѣ Hk обвода цилиндра, то трехугольникъ Hkh, изобразитъ масштабъ, составленный изъ частей Qq, Ss, Uu . . . . , которыя относятся между собою какъ 1: 2: 3: , ... *Масштабъ* сей подобенъ тому,

Digitized by Google

который мы описали въ 5-й главѣ фиг. 5. Если обводъ основанія представляетъ равныя раздѣленія HQ, QS, SU . . . ., то весьма чувствительная погрѣшность сихъ длинъ можетъ быть менѣе значительна при высотахъ Qq, Ss, Uu . . . .

Приложеніе. Промышленность воспользовалась симъ геометрическимъ свойствомъ, дабы помощію винта, *раздѣлять* прямыя линіи на равныя части съ величайшею точностію.

Представимъ себѣ, что требуется раздѣлить линейку AB (фиг. 7), какъ можно точнѣе на равныя части. Положимъ, что оборотъ винта MN, котораго ось параллельна AB, есть десятая часть окружности цилиндра, на которомъ нарѣзанъ сей винтъ, и что основаніе сего цилиндра имѣетъ радіусъ равный 10-й части радіуса круглой дощечки PQ, которой окружность раздѣлена на градусы. Положимъ наконецъ, что погрѣшность дѣленій PQ, доходитъ до $\frac{1}{50}$ части вершка, что непростительно для дѣйствій даже не большой точности. Окружность PQ, во *сто* разъ больше оборота винта, и каждой оборотъ PQ, простирается только на *одинъ оборотъ* винта; указатель XY увлекается

Digitized by Google

симъ винтомъ. Слѣдовательно погрѣшность пространства, пробѣгаемаго указателемъ не можетъ превосходить сотой части погрѣшности раздѣленій круга PQ. Когда на PQ погрѣшность не превосходитъ $\frac{1}{50}$ вершка, то при AB она не можетъ превосходить сотой части 1 вершка или $\frac{1}{5000}$ вершка, то есть такой длины, которую мы нашимъ зрѣніемъ ни какъ постигнуть не въ состояніи.

Заставимъ вертѣться кругъ PQ, такимъ образомъ, что постоянный указатель Z, соотвѣтствуетъ постепенно довольно ближайшимъ раздѣленіямъ 1, 2, 3.... круга, то раздѣлимъ прямую AB на части весьма малыя, которыхъ не равенства будемъ не въ состояніи постигать нашими чувствами.

Машины для дѣланія винтовъ соразмѣряются съ отношеніемъ, которое должно существовать между раздѣленіемъ по длинѣ AB и раздѣленіями PQ. Машины сіи должно изъяснить на самомъ дѣлѣ, показывая ихъ учащимся.

Винты между собою различаются по фигурѣ винтовой нарѣзки; сѣченіе сдѣланное перпендикулярно къ направляющей спирали бываетъ то трехугольникъ, то квадратъ, что

Digitized by Google

производитъ винты съ *трехугольными нарѣзками* (фиг. 5) и винты *съ квадратными нарѣзками* (фиг. 6).

Винты употребляютъ для приближенія или удаленія линеекъ или цилиндровъ параллельныхъ, неизмѣняя ихъ параллелизма, Представимъ въ самомъ дѣлѣ два винта, проходящіе по одному чрезъ концы двухъ цилиндровъ, расположеннымъ такимъ образомъ, что обращеніе сихъ винтовъ, понудитъ оси цилиндровъ другъ къ другу приближаться или удаляться. Если оба винта повернуть на одно количество, то цилиндры равно приближатся или удалятся; но пространство, пробѣгаемое указателемъ, утвержденнымъ при каждомъ винтѣ можетъ быть въ 100, 200, 300 разъ больше оборота винта, тогда пространство пробѣгаемое указателемъ, дабы удалять или приближать цилиндры будетъ въ 100, 200, 300 разъ меньше. И такъ разстояніе ихъ должно установлять съ величайшею точностію, что во многихъ дѣйствіяхъ составляетъ большую важность для промышленности.

Можно сдѣлать множество другихъ приложеній сего рода, дабы измѣрять или про-

Digitized by Google

бѣгать длины съ точностію, превосходящею предѣлъ простаго зрѣнія. Дѣланіе оптическихъ и астрономическихъ инструментовъ, предлагаетъ намъ множество примѣровъ въ употребленіи винтовъ.

Дабы инструментъ, стоящій на трехъ или четырехъ ножкахъ, можно было приводить въ горизонтальное положеніе, то подъ каждою ножкою устраиваютъ *установительный винтъ*, который мало по малу ввинчивается или вывинчивается, смотря потому, поднять или опустить должно инструментъ, со стороны одной изъ его ножекъ. Такимъ образомъ нечувствительно приближаются къ истинному положенію, что позволяетъ точно остановиться въ требуемой точкѣ. Установительные винты находятся также въ отражательныхъ инструментахъ, дабы помѣстить зеркало въ истинномъ его положеніи; таковые винты употребляются также для приближенія или отдаленія нѣкоторыхъ частей другихъ инструментовъ, и проч.

Природа представляетъ намъ множество спиралей въ прозябаемыхъ; вьющіяся растѣнія возвышаясь около вертикальнаго цилиндра, такъ на пр. около пня дерева, или

Digitized by Google

около куста, или просто около тычинки, описываютъ спираль. Иногда растѣнія пускаютъ длинныя отпрыски, которыя помощію усиковъ, вьющихся спирально, зацѣпляются за что нибудь. Внутренное строеніе многихъ растѣній и деревъ устроено спиралью. Многія прозябаемыя имѣютъ вѣтьви или листы, или плоды выросшія въ спиральномъ направленіи на стеблѣ, который ихъ поддерживаетъ.

Приложенія. Искуства подражаютъ симъ спиральнымъ формамъ прозябаемыхъ, или для связыванія тѣлъ или для проницанія оныхъ.

Когда цирюльникъ долженъ обвить перевязками члены тѣла, коихъ фигура приближается къ фигурѣ цилиндра каковы: пальца, ноги, руки, то онъ ихъ обертываетъ, давая перевязкамъ симъ спиральное направленіе, дабы постепенно покрыть пространство болѣе широкое нежели перевязка, которая потомъ можетъ быть весьма легко укрѣплена, помощію простаго завязыванія.

Мы поговоримъ съ подробностію о буравчикахъ, сверлахъ, штопорахъ, пыжовникахъ и проч. когда изъяснимъ механическія свойства

Digitized by Google

винта и клина. (Смотри 2 часть о машинахъ).

Витыя колонны. Мы знаемъ что плющь вьется спирально около кряжа дерева и такъ иногда оное сжимаетъ, что дерево увеличивается между оборотами спирали, принимая видъ винта съ круглыми нарѣзками. Вотъ образецъ витыхъ колоннъ (фиг. 8), которыя не имѣя ни простоты ни силы обыкновенныхъ колоннъ, могутъ нравиться одному только чудному воображенію.

Къ прелестнѣйшимъ украшеніямъ и болѣе достойнымъ изящныхъ художествъ, суть цвѣточныя гирлянды, обвитыя спиралью около правильныхъ колоннъ или около легкихъ платьевъ молодыхъ дѣвицъ, во время празднествъ и для танцевъ. Возвратимся теперь къ полезнымъ приложеніямъ.

Змѣйчатая труба куба (охладительная трубка). Это есть инструментъ (фиг. 9), похожій по наружному виду на штопоръ съ тою только разницею, что она пустая, а штопоръ сплошной. Она происходитъ отъ движенія круга, когда центръ его пробѣгаетъ спираль, къ которой плоскость его остается всегда перпендикулярною. Когда приведенная

Digitized by Google

въ пары жидкость переходитъ изъ куба въ трубу, плавающую въ бочкѣ (въ холодильникѣ) наполненной холодною водою, пары сгущаются въ концѣ трубы и обращаются въ капельную жидкость, чувствительно охлажденную, откуда уже пропускается въ преемникъ. Такимъ образомъ усиливаютъ водку и другіе спирты, произведенные перегонкою.

Цыновчикъ и дѣлатель соломенныхъ шляпъ, выдѣлываетъ цилиндры (фиг. 10) изъ узкой и плоской тесьмы, имѣющей по всюду равную толстоту и изображающей полосы AabB, BbcC,..... (фиг. 1.). Сгибая полосы по обводу цилиндра и сшивая ихъ между собою, полосы сіи произведутъ совершенную поверхность. Сходно съ предыдущимъ можно сдѣлать также плоскость, конусъ, шаръ, вытягивая не много края тесьмы, или сжимая не много противуположныя края оной.

Чѣмъ тесьма уже и чѣмъ меньше нужно вытягивать или сжимать одну изъ сторонъ, тѣмъ болѣе поверхность, которую выдѣлываютъ приближается къ истинной формѣ. Преимущество прекрасныхъ соломенныхъ флорентинскихъ шляпъ, состоитъ въ совершенномъ равенствѣ полноты и крѣпости тесь-

Digitized by Google

мы, въ ихъ малой широтѣ, въ тонкинѣ соломы и въ правильномъ видѣ ткани.

Машинисты часто употребляютъ спиральныя пружины, которыхъ дѣйствіе мы изъяснимъ говоря о упругости. Таковы суть рессоры экипажей.

Есть люди, коихъ волосы вьются сами собою спиралью; также нарочно завиваютъ ихъ, припѣкая около горячаго цилиндра малаго діаметра, или просто завивая ихъ спиралью и обертывая бумагою называемою *папильеткою*, а потомъ прижимая припѣкательными желѣзными щипцами, достаточно разогрѣтыми. Теплота уничтожаетъ сырость, которою напитаны волосы, способствующую къ разпущенію ихъ и разпаданію прямолинейно; сдавливаніе придаетъ имъ кривизну спирали, которую они сохраняютъ большее или меньшее время, смотря по свойству волосъ и состоянію атмосферы.

Искуство парикмахера и живописца, которыя составляютъ различныя превосходныя совокупленія головныхъ волосъ, состоитъ въ совокупленіи спиралей, образующихся локонами волосъ, которыя такъ соединяются, что въ цѣломъ представляютъ гармонію съ ро-

Digitized by Google

домъ наряда и физіогномією особы, такимъ образомъ причесаной. Можно сослаться, какъ на образцы многихъ головныхъ уборовъ Грековъ и Римлянъ, гдѣ сіи совокупленія спиральныхъ формъ имѣютъ прекрасное расположеніе.

Теперь займемся болѣе важнымъ родомъ спиралей, нежели большая часть примѣровъ нами доселѣ приведенныхъ, поговоримъ о *ниткахъ* и *веревкахъ*.

Для тканей и веревокъ образуютъ нитки болѣе или менѣе тонкія, изъ конопли, льна, новоисландскаго льна, коры нѣкоторыхъ деревъ, проч; берутъ также хлопчатую бумагу, шерсть, волоса животныхъ, и проч.

Прежде образованія нитей должно помощію чесанія сдѣлать параллельными волокна первоначальнаго вещества, и раздѣлить ихъ на весьма тонкія части, столь равныя по толщинѣ и длинѣ ихъ сколь возможно.

Пряденіе конопли и льна. Для пряденія сего употребляютъ веретено. По мѣрѣ того какъ сучится нитка навиваютъ ее на веретено, потомъ дѣлаютъ петлю, которая при сталкиваніи оной съ конца веретена развязывается. Прядущая проворно обра-

Digitized by Google

щаетъ между пальцами правой руки конецъ веретена, что сообщаетъ достаточное скручиваніе ниткѣ, не навитой еще на веретено, которую прядущая образуетъ чрезъ вытягиваніе съ мочки параллельныхъ волоконъ. Сіи волокна принимаютъ видъ спирали.

Хотя веретено есть весьма простое орудіе, но пряденіе имъ производится медлительнѣе всѣхъ другихъ способовъ. Для сего замѣнили веретено также простымъ колесомъ (фиг. 11), которое приводится въ движеніе рукою или ногою прядущей. По мѣрѣ того какъ сучится нитка, она навивается на шпульку, которая есть ничто иное какъ механическое веретено. Крученіе нитки производится самимъ колесомъ. Итакъ, прядущая должна только тянуть съ мочки различныя волокна, дабы привести ихъ въ положеніе, способное образовать нить повсюду равной толщины.

Навиваютъ нитку на шпульку самопрялки, помощію крылообразной части (фиг. 12), усаженной маленькими проволочными крючечками. Сія крылообразная часть утверждается на оси mn, проходящей сквозь шпульку или деревянный цилиндръ ra, на который

Digitized by Google

должна навиваться нитка; цилиндръ сей движется такимъ образомъ, что совершаетъ оборотъ свой скорѣе крылообразной части, отъ чего нитка, которая должна навиваться на сей цилиндръ вытягивается и постепенно навивается.

Для лучшаго уразумѣнія положимъ, что цилиндръ дѣлаетъ пять полныхъ оборотовъ, когда крылообразная часть только четыре. Слѣдовательно, должно чтобъ нитка навивалась полнымъ оборотомъ, когда цилиндръ сдѣлаетъ пять, а крылообразная часть четыре. Сіи различныя круговращательныя движенія производятся большимъ колесомъ OAB самопрялки (фиг. 11); mn и pq суть другія два маленькія колеса, коихъ діаметры относятся какъ 4 : 5. Веревки AmnB и AqpB, протянутыя чрезъ жолобки на ободахъ маленькихъ колесъ и большаго колеса, пробѣгаютъ равныя пространства на жолобкѣ AB. Слѣдовательно, когда сіе колесо обращается, то должно, чтобы колесо mn, сдѣлало пять оборотовъ, когда pq дѣлаетъ ихъ четыре. Вотъ то отношеніе, которое надлежало установить.

Преимущество самопрялки предъ веретеномъ весьма велико; надлежало пройти въ-

Digitized by Google

камъ дабы люди могли выдумать такую машину.

Пряденіе шерсти и хлопчатой бумаги. Карды образуютъ широкую рыхлую тесьму, имѣющую повсюду одинакую ширину и толщину; потомъ ее вытягиваютъ, дабы сдѣлать изъ оной узкую тесьму. Небольшая степень крученія даетъ ей видъ трубки. Берутъ сіи трубки, сучатъ ихъ и вытягиваютъ мало по малу одну возлѣ другой, руками или машиною. По мѣрѣ того какъ подвигаются впередъ ихъ обращаютъ около самихъ себя, дабы равно ссучить, то есть дать имъ такое крученіе, которое повсюду равномѣрно, какъ и объемъ крученныхъ волоконъ, дабы нитка была повсюду равно толста. Каждый волосокъ въ семъ постоянномъ крученіи, образуетъ спираль имѣющую осью, ось самаго цилиндра, составляемаго ниткою.

Самопрялка, служащая для пряденія хлопчатой бумаги, составляется изъ большаго колеса OAB (фиг. 13), веретена съ маленькимъ колесомъ CD и безконечной веревки ABCD. Веретено принимаетъ нитки, подобно тому какъ дѣлаетъ прядущая; нитка сія не въ запряденой части продолжается труб-

Digitized by Google

кою, которую работница беретъ въ приличномъ отъ веретена разстояніи. Другою рукою она обращаетъ большое колесо АОВ, между тѣмъ какъ первою всё держитъ трубкою сведенную хлопчатую бумагу, вытягиваетъ и удаляетъ ее отъ веретена; круговращательное движеніе, сообщаемое шпулькою трубчатой тесьмѣ, сучитъ оную дабы образовать нитку, которой основанія скручены спиралью. Крученіе сихъ спиралей зависитъ: 1. отъ скорости обращенія АОВ; 2. отъ медленности вытягиванія тесьмы съ карды. Когда часть въ трубку приведенной бумаги обращена въ нитку, имѣющую надлежащую толщину и крутость, то работница останавливаетъ не много прялку, дабы передѣлать спираль, которую нитка сія образовала на концѣ веретена, потомъ помѣщая нитку сію перпендикулярно къ оси шпульки она пускаетъ прялку въ дѣйствіе, но въ движеніе обратное первому отъ чего нитка вмѣсто того чтобы крутиться навивается на шпульку и образуетъ рядъ спиралей. Здѣсь видно что механизмъ производитъ тѣ же самыя дѣйствія, что и простое веретено прядильщицы.

Digitized by Google

Изобрѣли механическій способъ, коимъ замѣняется дѣйствіе прядильщицы, и сія часть есть единственная въ своемъ родѣ и наипримѣчательнѣйшая въ новѣйшихъ прядильныхъ машинахъ. Пропускаютъ рыхлую бумажную тесьму, выходящую съ кардъ между параллельными цилиндрами соединенными такимъ образомъ, что первая пара обращается тише второй пары, а сія тише третьей. Должно чтобы тесьма вытягивалась между сими тремя парами цилиндровъ и слѣдовательно съуживалась. Пропуская оную опять между другою системою, составленною какъ первая изъ трехъ паръ цилиндровъ, даютъ тесьмѣ хлопчатой бумаги или шерсти новую степень крученія; потомъ навиваютъ ее на шпули.

Сдѣлавъ сіе, надѣваютъ нѣкоторое число шпулей на вертикальныя оси, устроенныя въ извѣстномъ порядкѣ на станкѣ. Станокъ сей исполняетъ всѣ требованія прядильщицы; онъ вытягиваетъ нитку, крутитъ и навиваетъ ее на веретено. Вытягиваніе производится здѣсь еще помощію трехъ паръ цилиндровъ, имѣющихъ различныя скорости, отъ чего каждая нитка навивается на шпульку, снабженную крылообразными частями,

Digitized by Google

таковыми какъ и обыкновенная пряслица. Таковъ есть станокъ называемый *непрерывнымъ*, поелику пряденіе въ немъ производится безъ остановки движеній.

Въ прядильной машинѣ, называемой карась (глава вторая стран. 45), вытягиваніе происходитъ не только отъ разности цилиндровъ, но еще отъ того что заставляетъ постепенно приближаться и удаляться цилиндры и шпули, на которыя навивается нитка. Когда шпули удаляются, то нитка вытягивается, при приближеніи же ихъ она навивается на сіи шпули. Скручиваніе нитей происходитъ тогда, когда шпули приходятъ на послѣднее мѣсто ихъ движенія.

Станокъ для грубыхъ нитей имѣетъ до 180 шпулекъ, а для тонкихъ до 216, сопровождаемыя однимъ прядильщикомъ и присматриваемыя двумя мальчиками, которыя привязываютъ нити.

Такимъ образомъ достаточно трехъ человѣкъ, чтобы производить такое число нитей, на которое бы потребно было 216 прядильщицъ, или веретенъ, или самопрялокъ, при томъ каждая нитка дѣлается скорѣе нежели руками прядильщицы. Вотъ безчисленныя

Digitized by Google

выгоды средствъ доставляемыхъ Геометріею, дабы изъ волоконъ прозябаемаго царства, свернутыхъ *спиралью*, образовать цилиндрическую нить, имѣющую по всему протяженію одинъ діаметръ.

Изъясненія сіи должно дѣлать при показаніи учащимся самопрялокъ, а если можно, то и прядильныхъ станковъ.

Шелкъ, таковый какъ производитъ его червь, бываетъ сложенъ спиралью около поверхности вращенія, которую называютъ *куколкою*. Первое дѣйствіе состоитъ въ развертываніи шелковинки сей куколки и въ навитіи оной на шпулку; потомъ не много крутятъ оную перепуская на другую шпульку. Шелковинки, такимъ образомъ приготовленныя, имѣютъ первую степень крутости, такъ что всѣ точки на ихъ цилиндрической поверхности взятыя, бывшія до крученія въ прямой линіи образуютъ теперь спираль. Шелковинки сіи соединяютъ вмѣстѣ по 2, по 3, и даже по 4, давая имъ вторую степень крученія, *на оборотъ* первой степени. Сіе второе крученіе раздѣляетъ на части первое, и складываетъ шелковинки въ спи-

Digitized by Google

раль одну возлѣ другой; въ семъ состояніи шелкъ принимаетъ названіе *тращенаго*.

Дѣйствіе теперь описанное подобно тому, которое употребляютъ для выдѣлки изъ конопли веревокъ.

Дѣйствіемъ сихъ двухъ крученій, части каждой шелковой нитки стрѣмятся вытянуться по одному направленію, а самыя шелковинки сложенныя спиралью стрѣмятся выпрямиться по обратному направленію. Равновѣсіе, существующее между сими крученіями, препятствуетъ различнымъ шелковинкамъ неопредѣленно развиваться, если только они не будутъ къ тому понуждаемы посторонним усиліемъ. Я не могу теперь представить всѣхъ подробностей, которыя принадлежатъ къ наукѣ о силахъ и выходятъ изъ предѣловъ простой Геометріи.

Изъ конопли дѣлаютъ нити, сученыя отдѣльно, сученыя только по одному направленію и сученыя многія вмѣстѣ въ различныхъ направленіяхъ, для образованія веревокъ, просто называемыхъ *канатною прядью*. Сучатъ вмѣстѣ 2, 3, 4, таковыя пряди въ направленіи обратномъ второму, то есть въ направленіи крученія первыхъ нитей, дабы

Digitized by Google

образовать веревки называемыя *перлинъ*. Сучать во второмъ направленіи сіи перлини взятыя по 3, по 4 для образованія *кабельтова*. Сіи кабельтовы также ссучиваютъ вмѣстѣ по 3, по 4 для составленія снастей.

Якорные канаты кораблей ссучиваются какъ кабельтовы; ванты и движущіяся снасти корабля дѣлаются какъ перлини.

Уже нѣсколько лѣтъ, какъ Англичане выдумали превосходное средство для произведенія различныхъ сученій нитей и веревокъ машинами. Геометрическая правильность всѣхъ движеній, употребляемыхъ въ сихъ машинахъ, производитъ самыя счастливыя выводы, такъ что изъ третьей части матеріала, по толщинѣ и свойству веревокъ, совершенствомъ дѣйствія достигаютъ нынѣ до тѣхъ же произведеній. Вотъ одинъ изъ лучшихъ примѣровъ, который можно представить въ доказательство выгодъ, получаемыхъ чрезъ введеніе средствъ предлагаемыхъ науками въ дѣйствіяхъ совершенно ручныхъ.

Мы убѣдимъ хозяевъ веревочныхъ мастерскихъ, сдѣлать основательное ученіе сихъ новыхъ средствъ, которыя имѣютъ двойную выгоду, много уменьшать трату матеріала

Digitized by Google

и ручной работы, и доставлять произведенія болѣе совершенныя. Смотри 11-й о Машинахъ.

Остается теперь сказать объ одномъ родѣ косыхъ поверхностей, безпрестанно употребляемыхъ въ гражданской и морской Архитектурахъ, равно какъ и при строеніи машинъ, то есть о спиральныхъ поверхностяхъ производимыхъ движеніемъ прямой линіи или дуги круга.

Спиральныя поверхности лѣстницъ. Между различными нами описанными (глава десятая) косыми поверхностями, тѣ изъ нихъ, которыя представляютъ круглыя лѣстницы суть *спиральныя поверхности.*

Спиральная поверхность лѣстницы съ круглымъ оборотомъ, происходитъ отъ движенія прямой горизонтальной линіи, примыкающей однимъ концемъ къ оси башни служащей внутренностію лѣстницы, а другимъ въ спираль начерченную на внутренномъ обводѣ башни.

Если дать равную высоту всѣмъ ступенямъ лѣстницы, то очевидно, что они также будутъ имѣть равныя ширины въ равныхъ разстояніяхъ отъ центра. Слѣдователь-

Digitized by Google

но, если ABC (фиг. 14) есть кругъ, который представляетъ основаніе цилиндра, образующаго внутренность лѣстницы, то всякой другой кругъ, начерченный изъ одного центра съ первымъ, будетъ раздѣленъ на равныя части горизонтальными проэкціями ступеней.

Поверхность спирали Архимедова винта. Поверхность спирали круглой лѣстницы, есть ничто иное какъ Архимедовъ винтъ, названный такъ потому, что сей великій Геометръ изобрѣлъ оную. При описаніи гидравлическихъ машинъ, мы тщательно изъяснимъ сдѣланное приложеніе онаго при подниманіи воды. (III томъ).

Имѣя случаи строить деревянные Архимедовы винты, вотъ средства, которыя я для сего употреблялъ.

Сначала раздѣлялъ обводъ ABCD (фиг. 19), на столько равныхъ частей, сколько хотѣлъ употребить кусковъ дерева для образованія полнаго оборота спирали.

Я дѣлалъ плоскія призмы, которыхъ основаніе OCD, былъ секторъ представляющій одно изъ равныхъ дѣленій, образованныхъ на цилиндрической сторонѣ, имѣющей горизон-

Digitized by Google

тальною проэкціею DC, и проводилъ прямую линію поклонную по направленію спирали, которую спиральная поверхность обозначаетъ на цилиндрѣ ABCD.

Я раздѣлилъ на равныя части Dd, dd' ..... Cc, cc'....., радіусы OD и OC, потомъ пилою держимою всегда въ равныхъ разстояніяхъ отъ точекъ C и D, выпиливалъ кусокъ дерева такимъ образомъ: 1. что на верхнемъ основаніи сего куска дерева слѣдъ пилы касался въ D, а на нижнемъ касался C; 2. что на верхнемъ основаніи слѣдъ пилы касается въ d, d', а на нижнемъ въ c, c'; каждый изъ слѣдовъ пилы есть сторона многоугольника, представляющаго обводъ кривой спирали, находящейся на спиральной поверхности, которую сдѣлать должно.

Весьма узкимъ стругомъ съ круглымъ рубанкомъ, держимымъ всегда въ горизонтальномъ положеніи постепенно срѣжемъ лишнее дерево, дабы достигнуть до верхней спиральной поверхности Архимедова винта.

Сдѣлавъ сіе, откладывалъ по наугольнику стороны швовъ въ OD и OC, перпендикулярно къ сей верхней сторонѣ. Наконецъ,

Digitized by Google

проводя посторонамъ швовъ и по обводу CD, равныя прямыя линіи, отъ тѣхъ, которыя ограничиваютъ верхнію сторону винта, можно обработывать нижнію сторону по средствамъ описаннымъ для верхней стороны.

Замѣтимъ, что линейка обгибающаяся по цилиндрическому обводу ABCD, такимъ образомъ, что проходитъ чрезъ двѣ точки C и D, обводомъ своимъ обозначаетъ совершенную дугу спирали, придаетъ величайшую точность приближенному средству, который мы описали, дѣлая множество зарубокъ пилою, ограничивающихся съ одной стороны осью O, а съ другой спиралью, означенною согнутою линейкою.

Не безполезно замѣтить, что швы дѣлаемые перпендикулярно къ спиральной поверхности, сами служатъ основаніемъ сего рода спиральной поверхности; послѣднія поверхности обозначатъ на круглыхъ цилиндрахъ спирали, которыя по всюду пересѣкутъ подъ прямыми углагами, спирали произшедшія отъ первыхъ поверхностей.

Если желаютъ, чтобъ верьхъ частей, составляющихъ покатость спирали, имѣли фигуру *лѣстницы*, должно верхней сторонѣ

Digitized by Google

OCD дать фигуру горизонтальной плоскости, а прямую внѣшнюю сторону OD сдѣлать вертикальною плоскостію, выдѣлывая ихъ по способамъ, показаннымъ въ X главѣ.

Часто вмѣсто построенія круглой лѣстницы, которой ступени простираются до сплошнаго средняго столба O, какъ въ фиг. 14 перерѣзаютъ ступени кругомъ a'b'c, (фиг. 15), которой изображаетъ горизонтально деревянный или каменный бордъ, весьма мало выходящій выше и ниже каждой ступени. Таковые суть лѣстницы *сквозными винтомъ* сдѣланныя.

Бываютъ сквозныя лѣстницы (фиг. 16), которыхъ внутренность не круглая.

Каково бы ни было основаніе ABCD (фиг. 16) цилиндра, который представляетъ сію внутренность, проводятъ по обводу внутренности сей спираль, которая идетъ впередъ по направленію обвода ABCD, пропорціонально количеству вертикальнаго оной возвышенія. Потомъ изъ каждой точки сей кривой, проводятъ горизонтальныя Aa, Bb Cc, ... перпендикулярно къ цилиндру, имѣющему основаніемъ ABCD. Дѣлаютъ Aa, равную Bb, равную Cc. . . . . , и проводятъ

Digitized by Google

abcd, которая есть также спираль, это будетъ внутренной обводъ сквознаго винта образующаго лѣстницу. Произведеніе каждой части спиральной поверхности или лѣстницы, будетъ столь же легко какъ и фиг. 14 и 15.

Когда желаютъ доставить лѣстницамъ большую остойчивость, часто вмѣсто того чтобы производить нижнюю поверхность помощію горизонтальной прямой, упирающейся въ одно время въ ось внутренности и въ спираль начерченную на сей внутренности, оканчиваютъ оную дугою круга (фиг. 17) имѣющею сію горизонтальную діаметромъ и помѣщенную въ вертикальной плоскости. Такимъ образомъ производятъ спиральную поверхность, представляющую повсюду равныя сѣченія.

Въ нѣкоторыхъ художествахъ, имѣютъ надобность вырѣзывать на конусѣ спиральныя поверхности ступенями. Часовщики соединяютъ цилиндръ или барабанъ, содержащій часовую пружину, съ конусомъ, вырѣзаннымъ спиральною лѣстницею. (фиг. 18). Весьма тонкая цѣпочка, навивается однимъ концемъ на цилиндръ спиралью, а другимъ на коничес-

Digitized by Google

кую лѣстницу. Измѣняемое отношеніе діаметра цилиндра и діаметра конуса при различныхъ высотахъ, замѣняетъ уменьшеніе силы пружины по мѣрѣ ея ослабленія, слѣдовательно оно превращаетъ дѣйствіе сіе въ постоянную силу. Сіе можно будетъ лучше уразумѣть, когда мы изъяснимъ основанія машинъ. II^й томъ.

Digitized by Google

ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ.

О пересѣченіи поверхностей.

Когда двѣ поверхности пересѣкаются, то рядъ точекъ общихъ имъ обѣимъ, составляетъ то, что называютъ *пересѣченіемъ* сихъ поверхностей, которое бываетъ въ прямой или кривой линіяхъ, смотря по формѣ и положенію двухъ поверхностей.

Тѣла, ограниченныя частями поверхностей, различныхъ по ихъ фигурѣ и направленію, имѣютъ предѣлами сихъ поверхностей входящія или исходящія линіи, которыя суть *пересѣченія* сихъ поверхностей. Итакъ въ призмѣ или пирамидѣ прямолинейныя ребра оныхъ, раздѣляющія разныя стороны сихъ тѣлъ, суть пересѣченія поверхностей, которыя представляютъ сіи стороны.

Когда одно тѣло проходитъ другое насквозь или вросло въ оное, то часть поверхности перваго, будетъ находиться въ другомъ, сія закрытая часть будетъ отдѣляться видимою линіею, которая есть ни что

Digitized by Google

иное какъ *пересѣченіе* поверхности перваго тѣла съ поверхностію втораго.

Итакъ, въ фигурѣ 1, двѣ призмы ABCD abcd и MNPQm'n'p'q', изъ которыхъ вторая проходитъ первую, имѣютъ пересѣченіемъ обводъ mnpq, отдѣляющій во второй призмѣ видимою часть отъ закрытой части.

Для опредѣленія горизонтальной и вертикальной проэкцій пересѣченія поверхностей, Начертательная Геометрія предлагаетъ легкіе способы, изученіе которыхъ будетъ весьма полезно для учащихся, если они при томъ будутъ сами рисовать пересѣченія большаго числа поверхностей. Мы покажемъ относительно сего предмета, главный ходъ науки.

Пересѣченіе плоскостей, будетъ нашимъ первымъ ученіемъ.

Для представленія пересѣченія двухъ плоскостей вертикальною и горизонтальною проэкціями, раздѣляютъ бумагу на двѣ части, горизонтальною линіею AB (фиг. 2). Часть бумаги, находящаяся выше сей линіи представляетъ вертикальную плоскость проэкцій; а нижняя часть изображаетъ горизонтальную плоскость проэкцій. Сія послѣдняя

Digitized by Google

плоскость обыкновенно представляетъ плоскость земли, пола и проч., *пересѣченіе* же АВ, двухъ плоскостей называется *осью проэкцій*.

Дабы представленіе было совершенно, то бумагу должно сгибать перпендикулярно; АВ означитъ направленіе сгиба, нижняя часть бумаги останется горизонтальною, а верхняя сдѣлается вертикальною. Покрайней мѣрѣ сіе должно мысленно себѣ представлять; что обыкновенно дѣлаетъ наше воображеніе, когда представляетъ на двухъ плоскостяхъ предметы, которыхъ положеніе намъ извѣстно. Когда даже бумага, на которой нарисованы планъ и возвышеніе зданія, будетъ положена на горизонтальной столъ, мы мысленно воображаемъ видъ возвышенія и видимъ его вертикальнымъ. Когда же напротивъ, поставимъ рисунокъ вертикально, какъ будто для того, чтобы повѣсить его на стѣну, то планъ будетъ также казаться горизонтальнымъ, если онъ представляетъ предметы, таковые какъ цвѣтникъ, садъ, и проч. Надлежитъ, чтобы учащіеся видѣли въ настоящемъ положеніи горизонтальную и вертикальную проэкціи объемовъ, поверхностей

Digitized by Google

и линій, изображаемыхъ выше и ниже *оси проэкцій.*

Дабы означить положеніе точки, находящейся внѣ двухъ плоскостей проэкцій, проводятъ изъ сей точки два перпендикуляра, одинъ на горизонтальную, а другой на вертикальную плоскости проэкцій и замѣчаютъ основанія сихъ перпендикуляровъ на двухъ плоскостяхъ проэкцій.

Дабы болѣе сократить и упростить сущность сего способа представленія точки P, находящейся въ пространствѣ, которую должно проэктировать, я означаю чрезъ P_v (фиг. 2), ея вертикальную проэкцію, а чрезъ P_h, ея горизонтальную проэкцію. Итакъ, простыя буквы v и h, поставленныя внизу одной или многихъ буквъ, означаютъ вертикальную или горизонтальную проэкціи точки, линіи, поверхности и объема, отмѣченныхъ въ пространствѣ сими послѣдними буквами.

Чрезъ точку P (фиг. 2 и 2 bis), находящуюся въ пространствѣ, проведемъ плоскость перпендикулярную къ оси проэкцій AB, которая будетъ также перпендикулярна къ обѣимъ плоскостямъ проэкцій, слѣдовательно

Digitized by Google

она будетъ содержать перпендикуляры, опущенные изъ точки P, одинъ на вертикальную, а другой на горизонтальную плоскости проэкцій. Построивъ прямоугольникъ (фиг. 2 bis) имѣющій боками сіи два перпендикуляра PP_v и PP_h, пересѣченіе плоскости ихъ заключающей съ вертикальною и горизонтальною плоскостями проэкцій будетъ $MP_v = PP_h$ и $MP_h = PP_v$. Наконецъ, если обернемъ горизонтальную плоскость, дабы привести ее на бумагу, содержащую вертикальную плоскость, то въ семъ движеніи MP_v и MP_h останутся перпендикулярными оси AMB проэкцій. Слѣдовательно, *чтобъ двѣ точки* P_v и P_h (фиг. 2), *изображали вертикальную и горизонтальную проэкціи точки* P, *должно чтобъ прямая* P_vP_h *была перпендикулярна къ оси проэкцій.*

Часть MP_v, сего перпендикуляра есть разстояніе точки P отъ горизонтальной плоскости, а часть MP_h, разстояніе точки P отъ вертикальной плоскости.

Проэкціи прямой линіи. Когда рядъ точекъ образуетъ прямую линію PQ, то всѣ перпендикуляры, опущенные изъ сихъ точекъ на обѣ плоскости проэкцій, будутъ образо-

Digitized by Google

вать третію плоскость, пересѣченіе которой съ каждою изъ оныхъ будетъ прямая линія. Итакъ, если даны проэкціи P_v и P_h, Q_v и Q_h (фиг. 3), двухъ оконечностей прямой линіи PQ, то соединивъ точки P_v и Q_w, P_h и Q_h, прямыми линіями, получимъ двѣ проэкціи прямой линіи PQ. Сіи проэкціи суть также *пересѣченія плоскостей.*

Для представленія плоскости по способу проэкцій надобно имѣть другія средства. Вотъ тѣ, которыя обыкновенно употребляются.

Плоскость, которую хотятъ представить, разсѣкаетъ каждую плоскость проэкцій въ въ прямой линіи; она разсѣкаетъ въ одно время сіи двѣ плоскости въ точкѣ M (фиг. 4), находящейся на оси проэкцій. *Пересѣченія* PM и MQ, плоскости PMQ съ двумя плоскостями проэкцій называютъ *слѣдами* оной.

Положеніе плоскости опредѣляется совершенно сими двумя прямыми линіями ею содержимыми; слѣдовательно *двумя слѣдами плоскости опредѣляется положеніе оной.*

Теперь положимъ, что требуется найти вертикальную проэкцію p^v (фиг. 4), точки

Digitized by Google

p, находящейся въ плоскости PMQ, по извѣстной горизонтальной проэкціи оной p_h. Поелику двѣ проэкціи p_v и p_h точки p, должны необходимо находиться на одной линіи перпендикулярной къ оси проэкцій, посему проведемъ оную. Чрезъ точку p, на плоскости PMQ проведемъ горизонтальную линію, которая будетъ параллельна горизонтальному слѣду PM, то и проэкція оной p_h m_h будетъ также параллельна слѣду PM. Но точка m_h, находящаяся на оси проэкцій AMB, должна необходимо принадлежать къ точкѣ m_v на вертикальной плоскости лежащей. Посему линія $m_h m_v$ перпендикулярная къ AB, содержитъ точку m_v, которой горизонтальная проэкція есть m_h. Потомъ, проведя линію $m_v p_v$, параллельно AMB, которая на вертикальной плоскости изобразитъ проэкцію линіи mp; слѣдовательно вертикальная проэкція точки p, находясь въ одно время на $m_v p_v$ и $p_v p_h$, должна быть въ точкѣ p_v, то есть *въ пересѣченіи сихъ двухъ линій*. Слѣдовательно p^v есть вертикальная проэкція точки, которой горизонтальная проэкція есть p_h.

Digitized by Google

Положимъ, что даны слѣды MP и PQ, SR и ST (фиг. 5), двухъ плоскостей и требуется опредѣлить *пересѣченіе сихъ плоскостей?* Точка D_v, находится на двухъ вертикальныхъ слѣдахъ и притомъ на вертикальной плоскости, то проэкція оной на оси проэкцій будетъ D_h. Посему точка E_h, находящаяся въ пересѣченіи горизонтальныхъ слѣдовъ и на горизонтальной плоскости, будетъ имѣть вертикальную проэкцію E_v, также на оси проэкцій. Вотъ двѣ точки прямой линіи, въ которой двѣ плоскости пересѣкаются, то есть, одна точка D_v, D_h, а другая E_v, E_h. Слѣдовательно прямая линія, къ которой принадлежатъ сіи двѣ точки, имѣетъ проэкціями двѣ прямыя линіи $D_v E_v$ и $D_h E_h$, которая и будетъ искомое *пересѣченіе* двухъ плоскостей.

Проэкціи многоугольника. Многоугольникъ ABCDE (фиг. 6), ограниченный прямыми линіями, имѣетъ проэкціями два многоугольника одинаковаго числа сторонъ $A_v B_v C_v D_v E_v$ и $A_h B_h C_h D_h E_h$, которыхъ соотвѣтствующія вершины находятся на однихъ перпендикулярахъ $A_v A_h$, $B_v B_h$, и проч.

Digitized by Google

Пересѣченіе двухъ плоскостей есть всегда прямая линія, которой проэкціи суть также прямыя линіи, то слѣдуетъ, что тѣло ограниченное плоскостями, прямолинейными ребрами своими изображаетъ *пересѣченіе* сихъ плоскостей. Изображаютъ тѣло сіе на бумагѣ, рисуя прямыя линіи, которыя суть проэкціи каждаго ребра. Вершины, ограничивающія каждое ребро, помѣщаются въ обѣихъ плоскостяхъ проэкцій на однихъ и тѣхъ же перпендикулярахъ.

И такъ, (фиг. 7,) пирамида SABC, представлена горизонтально и вертикально, проэкціями реберъ оной, а соотвѣтствующія вершины проэктированы въ S_v и S_h, A_v и A_h, B_v и B_h, C_v и C_h, на прямыхъ S_v S_h, A_v A_h, B_v B_h, C_v C_h, перпендикулярныхъ къ оси проэкцій MN.

Помощію *пересѣченій* плоскостей и прямыхъ линій, Начертательная Геометрія научаетъ опредѣлять: длину прямой линіи, данной двумя ея проэкціями и площадь плоской фигуры, данной двумя проэкціями ея обвода; уголъ, образующійся двумя прямыми, которыхъ проэкціи извѣстны; уголъ составляе-

Digitized by Google

мый двумя плоскостями, которыхъ извѣстны горизонтальные и вертикальные слѣды; уголъ, который составляетъ прямая, данная проэкціями, съ плоскостію, данною ея слѣдами, и проч. Въ курсѣ линейнаго рисованія должно показать учащимся рѣшенія сихъ задачь.

Рѣшеніе сихъ задачь доставитъ художникамъ множество примѣненій къ весьма важнымъ художествамъ, какъ то: къ Архитектурѣ, разрѣзкѣ камней, плотничьему искуству, построенію кораблей, машинъ и проч.

Они должны рисовать не только горизонтальныя плоскости и вертикальныя проэкціи зданія, корабля, машины, и проч., но также могутъ легко опредѣлять *сѣченіе* сихъ предметовъ какими либо плоскостями. Плоскость сего сѣченія, встрѣчая прямыя линіи данныя ихъ горизонтальными и вертикальными проэкціями, даетъ точки и углы, которыя они будутъ умѣть опредѣлить. Различныя плоскости, данныя ихъ *слѣдами*, для *пересѣченія* съ сѣкущею плоскостію имѣютъ прямую линію; учащіеся, опредѣля сіи прямыя линіи, произведутъ полное и вѣрное

Digitized by Google

представленіе всѣхъ частей зданія, которыя только не криволинейны.

Плотникъ, вѣрно изобразитъ всѣ части брусьевъ пола и плоской крыши. Сѣченіями онъ получитъ формы и размѣренія каждой деревянной штуки, перекладины, переводины, стропильной ноги и проч. Сіи различныя штуки ограничиваются плоскими гранями и прямолинейными ребрами; онъ проведетъ проэкціи сихъ реберъ. Сіи различныя штуки касаются однѣ другихъ, а линіи означающія мѣста касаній суть *пересѣченія* плоскихъ граней, касающихся деревянныхъ штукъ, онъ опредѣлитъ пересѣченія сіи простыми, нами показанными способами. Наконецъ, поелику не всѣ части сихъ деревянныхъ штукъ имѣютъ при всѣхъ сторонахъ прямыя углы, то онъ измѣритъ углы, составляемые различными сторонами той же самой штуки и соприкосновенными сторонами различныхъ частей. Онъ опредѣлитъ также направленіе и длину каждой стороны различныхъ частей.

Слѣдуя сей методѣ, хорошій плотникъ помощію проэкцій и сѣченій не сомнѣваясь

Digitized by Google

достигнетъ къ истинному опредѣленію всѣхъ прямолинейныхъ частей брусьевъ зданія.

Вы видите изъ сего что ученый плотникъ, который рисуетъ съ разсудкомъ и точностію всѣ сіи штуки и ихъ собранія, обладаетъ въ существенности глубокими геометрическими познаніями. Мало въ томъ нужды, что онъ не дастъ линіямъ, поверхностямъ и тѣламъ тѣхъ названій, которыя приняты Профессорами и посвящены книгамъ, довольно того, что основаніе вещей одно и тоже. Наука не уменьшитъ ни пользы, ни цѣны своей, если ее будемъ преподавать народнымъ языкомъ, безъ учебной примѣси.

Наблюденія, представленныя мною теперь о познаніяхъ плотника, можно легко приложить къ познаніямъ каменотесца. *Каменотесецъ* долженъ приготовить каждый изъ камней, которые составляютъ зданіе тщательно выводимое, по формамъ сихъ камней, положенныхъ сторонами одинъ возлѣ другаго или одинъ на другой въ порядкѣ, опредѣленномъ условіями прочности; долженъ съ точностію производить формы данныя Архитекторомъ въ его планахъ и профиляхъ. Проводя горизонтальныя и вертикальныя проекціи,

Digitized by Google

каменотесецъ раздѣляетъ стѣны рядомъ сѣкущихъ *плоскостей*. Тогда форма обтесываемаго камня будутъ опредѣляться: 1. внѣшними и внутренними сторонами стѣнъ; 2, сѣкущими плоскостями, именуемыми *плоскостями швовъ*, поелику въ сихъ сторонахъ соприкосновенные камни непосредственно *соединяются*.

Обтеску камней, обыкновенныхъ вертикальныхъ стѣнъ производить весьма легко, поелику камни сіи суть параллелопипеды, коихъ соприкосновенныя грани между собою перпендикулярны, а противоположныя ребра параллельны. Но если стѣны имѣютъ откосы, когда онѣ образуютъ углы, которые не суть прямые, то обтеска такихъ камней будетъ производиться по фигурамъ болѣе сложнымъ; для сего должно опредѣлить углы составляемые наклонными сторонами съ горизонтальными, углы составляемые направленіемъ реберъ одной съ направленіемъ реберъ другой соприкосновенной стѣны, и проч. Часто верьхи дверей и окошекъ хотя и плоскихъ, составляются изъ многихъ камней, складенныхъ сторонами одинъ возлѣ другаго, дѣлая верхнія стороны оныхъ шире нижнихъ, дабы

Digitized by Google

они отъ дѣйствія тяжести не могли сами выпасть. Здѣсь должно также опредѣлить углы реберъ и сторонъ сихъ камней и ихъ размѣренія, и проч. Всѣ сіи задачи рѣшатся по способу пересѣченій.

Каменотесецъ, и проч. должны научаться дѣлать изъ гипса въ пропорціональныхъ размѣреніяхъ, модели: сводовъ, дверей, окошекъ, лѣстницъ и проч., давая каждому камню приличную ему фигуру, опредѣляя геометрически швы и ребра каждаго камня. Я не рекомендую много подобныхъ упражненій. Желательно только, чтобы при таковомъ изученіи располагать теску камней въ порядкѣ родовъ поверхностей: плоскихъ, цилиндрическихъ, коническихъ, развертывающихся, косыхъ, вращенія, и проч., которыя мы описали въ семъ курсѣ. Должно также научать дѣлать модели: плотничныя, столярныя, и проч. подобно моделямъ разрѣзки камней. Средства сіи содѣлаютъ наставленія болѣе успѣшными и быстрыми.

Пересѣченіе прямыхъ линій и плоскостей съ кривыми поверхностями. Мы означимъ поверхности сіи въ томъ самомъ порядкѣ, въ которомъ ихъ показали. Теперь займемся

Digitized by Google

постепенно пересѣченіями прямой линіи и плоскости съ поверхностями цилиндрическими, коническими, развертывающимися, косыми, вращенія и проч.

Проэкціи цилиндра. Для полученія оныхъ описываютъ на одной изъ плоскостей проекцій, напримѣръ на горизонтальной плоскости слѣдъ, то есть пересѣченіе сего цилиндра съ сею плоскостію. Замѣтимъ, что ребра цилиндра всѣ между собою параллельны, то и проекціи оныхъ необходимо должны быть также между собою параллельны. Коль скоро опредѣлимъ на правленіе $C_h c_h$, $C_v c_v$ (фиг. 9), двухъ проекцій одного ребра, то будемъ знать направленіе проекцій всѣхъ другихъ реберъ. Обыкновенно довольствуются означеніемъ какъ вертикальными такъ и горизонтальными проекціями однихъ только крайнихъ реберъ $A_v a_v$ и $E_v e_v$; $B_h b_h$ и $D_h d_h$.

Пересѣченіе цилиндра съ плоскостію. Мы знаемъ, какимъ образомъ опредѣлить пересѣченіе прямой линіи съ плоскостію, когда извѣстны слѣды оной и проекціи прямой. Если произведемъ дѣйствіе сіе для различныхъ реберъ цилиндра, то каждое ребро дастъ точку пересѣченія, которую потомъ проектиру-

Digitized by Google

емъ вертикально и горизонтально. Собраніе линій сихъ образуетъ горизонтальную и вертикальную кривыя линіи, которыя и будутъ проекціи искомаго *пересѣченія*.

Въ дѣйствіяхъ художествъ, обыкновенно очерчиваютъ пересѣченія на самыхъ поверхностяхъ, приставляя ихъ одну къ другой. Положимъ, напримѣръ (фиг. 10), что цилиндръ будетъ печная труба, получившая уже цилиндрическую форму, а плоскость пусть будетъ листъ желѣза, сквозь который должна проходить труба. Для сего становятъ трубу въ положеніе, которое она имѣть должна, но удаляя не много дабы она не набѣгала на листъ. Сдѣлавъ сіе приставляютъ линейку къ цилиндру по направленію реберъ сей поверхности, такъ чтобы она касалась листа желѣза. Наконецъ для каждаго положенія линейки означаютъ ея прикосновенія съ листомъ; собраніе точекъ такимъ образомъ опредѣленныхъ означатъ кривую пересѣченія двухъ поверхностей.

Положимъ что на линейкѣ означена приличная постоянная длина отъ конца, касающагося листа желѣза, и гдѣ она кончится, означаютъ на цилиндрѣ или трубѣ касаніе

Digitized by Google

оной, то получимъ такимъ образомъ рядъ точекъ образующихъ новую кривую, которая будетъ *пересѣченіе цилиндра съ плоскостію*. Въ самомъ дѣлѣ, по равенству параллельныхъ, взятыхъ между параллельными, двѣ начерченныя кривыя, одна на плоскости, а другая на цилиндрѣ, совершенно одна съ другою совмѣстятся. По обводу сихъ двухъ кривыхъ обрѣзываютъ цилиндръ, или вырѣзываютъ въ листѣ, или обѣ поверхности вмѣстѣ, смотря по надобности, для которой поверхности сіи назначаются.

Метода сія имѣетъ ту выгоду, что она точная, какова бы не была фигура цилиндра; даже самый листъ желѣза можетъ имѣть не только плоскую фигуру, но и всякую кривизну.

Приложеніе къ построенію кораблей. Корабельные мастеровые употребляютъ способъ сей для разбитія на плазѣ кривой пересѣченія носа корабля и поверхности палубы съ мачтами, и для сдѣланія отверстій для мачтъ въ брусѣ, въ которомъ онѣ укрѣпляются.

Приложеніе пересѣченій цилиндровъ къ падающимъ тѣнямъ. Когда поверхность,

Digitized by Google

ограниченная ребрами, пересѣкается лучами солнца, и если чрезъ каждую точку обвода сей поверхности проведемъ линіи параллельныя солнечному лучу, то сіи параллельныя линіи будутъ образовать цилиндръ, который за поверхностію отдѣлитъ часть находящуюся въ тѣни отъ части освѣщенной. Если за цилиндромъ будетъ тѣло совершенно заключенное въ сей тѣни, то солнце закроется или затмится поверхностію, отбрасывающую сію тѣнь. Если только часть тѣла будетъ въ тѣни и опредѣлимъ *пересѣченіе* поверхности сего тѣла съ цилиндромъ, то кривая такъ опредѣленная, отдѣлитъ на тѣлѣ часть въ тѣни находящуюся отъ части освѣщенной. Такимъ образомъ получаютъ на непрозрачномъ тѣлѣ *линію отдѣла тѣни отъ свѣта*, посредствомъ кривой *пересѣченія* поверхности сего тѣла съ цилиндромъ, который означаетъ въ пространствѣ предѣлъ солнечныхъ лучей, прерванныхъ непрозрачнымъ тѣломъ.

Возмемъ линейку и будемъ держать оную параллельно солнечному лучу. Примкнемъ оную съ одной стороны къ поверхности отбрасывающей тѣнь, а съ другой къ

Digitized by Google

освѣщенной части тѣла. Каждое положеніе линейки означитъ на тѣлѣ точку, а собраніе точекъ такимъ образомъ опредѣленныхъ будетъ линія отдѣла тѣни отъ свѣта.

Необходимо нужно, чтобы рисовальщики, живописцы и граверы, образовывали себѣ точную идею цилиндровъ проэктирующихъ тѣни тѣлъ. Имъ будетъ весьма полезно, строго опредѣлять по способу проэкцій и *пересѣченій* поверхностей, фигуру отбрасывающихъ тѣней многихъ тѣлъ, имѣющихъ различныя формы и положенія на другихъ тѣлахъ равномѣрно имѣющихъ разнообразныя формы и положенія. Посему они пріобрѣтутъ извѣстную опытность въ дѣйствіи солнечныхъ лучей относительно фигуры тѣней; сіе познаніе возпрепятствуетъ имъ входить въ большія погрѣшности, отъ которыхъ Геометрія приложенная къ ихъ искуству заставитъ ихъ избѣгнуть.

Точность отбрасывающихъ тѣней, особенно нужна при архитектурномъ рисованіи, гдѣ всѣ изображенные предметы, стѣны, колонны, своды, и проч., имѣютъ правильную геометрическую форму. Также весьма нужно, чтобъ Архитекторъ, желающій оттѣнить

Digitized by Google

свои планы, и такимъ образомъ представить дѣйствія тѣни и свѣта, которыя сіи построенія должны произвести, упражнялся въ опредѣленіи всѣхъ отбрасывающихъ тѣней съ наивеличайшею точностію.

Въ Архитектурныхъ планахъ и въ рисованіи машинъ предполагаютъ, что солнечные лучи падаютъ отъ лѣвой руки къ правой подъ угломъ въ 45°. При изображеніи предметовъ въ чертахъ, безъ тушевки, означаютъ толстыми чертами обводы, содержащія стороны, находящіяся въ тѣни, а тонкими тѣ, которыя отдѣляютъ освѣщенныя стороны. Сихъ простыхъ означеній достаточно, дабы на рисункѣ дать точное понятіе о выпуклостяхъ и впадинахъ, которыя при взглядѣ на рисунокъ въ чертахъ весьма бы легко смѣшать можно было.

И такъ на фигурѣ 11, простымъ воззрѣніемъ я могу вдругъ различать оттѣненныя стороны отъ освѣщенныхъ, гдѣ вижу, что ABCD есть выдающійся четырехугольникъ, а abcd четырехугольная выемка. Также весьма важно, чтобъ учащіеся, при рисованіи зданій и машинъ, приучались искусно проводить тонкія и толстыя черты, ибо не раз-

Digitized by Google

личая ихъ мы будемъ смѣшивать выдающіяся части со входящими, и обратно.

Приложеніе къ Перспективѣ. Если должно привести въ Перспективу *оттѣненный* архитектурный рисунокъ, то должно опредѣлить точку встрѣчи всѣхъ параллельныхъ лучей, по общему способу точекъ встрѣчи, показанному въ девятой главѣ. Лишь только получимъ перспективу какой нибудь точки *), то соединивъ оную на картинѣ, съ точкою встрѣчи солнечныхъ лучей, получимъ перспективу лучей, проходящихъ чрезъ данную точку, или когда точка не прозрачная, то перспективу тѣни, отбрасываемой сею точкою. Какая нибудь кривая, приведенная

*) Плоскость PMQ, картины обыкновенно предполагаютъ вертикальною (фиг. 8). Посему $X_v S_v$ и $X_h S_h$, будучи двумя проекціями прямой линіи, и x_h пересѣченіемъ $X_h S_h$ съ горизонтальнымъ слѣдомъ плоскости, достаточно провести вертикальную линію $x_h x_o$, то ax_v будетъ высотою точки на вертикальной линіи возставленной изъ точки x на картинѣ. Способъ сей достаточенъ для опредѣленія пересѣченія всѣхъ лучей проведенныхъ изъ точки зрѣнія, и слѣдовательно, перспективы всѣхъ точекъ данной фигуры.

Digitized by Google

въ перспективу, имѣетъ отбрасывающею тѣнью рядъ прямыхъ линій, совпадающихъ съ точкою встрѣчи, какъ будто онѣ суть ребра конуса.

Пересѣченія конуса и плоскости. Пересѣченія сіи, названные особенно коническими сѣченіями, когда они произходятъ отъ круглаго, наклоннаго или прямаго конуса, весьма важны для наукъ и художествъ. Ученіе однихъ ихъ составляетъ отдѣльную и важную отрасль Геометріи; это есть такъ сказать промежутокъ между переходомъ отъ первоначальной Геометріи къ высшей.

Я скажу здѣсь въ небольшихъ словахъ только о необходимо нужныхъ коническихъ сѣченіяхъ и ихъ главныхъ свойствахъ.

Опредѣляютъ горизонтальную и вертикальную проэкціи пересѣченія конуса съ плоскостію, подобно тому какъ дѣлали съ цилиндромъ, опредѣляя горизонтальную и вертикальную проэкціи пересѣченія сей плоскости къ каждымъ ребромъ. Кривая, проходящая на каждой плоскости проэкцій, чрезъ опредѣленныя такимъ образомъ точки, есть искомая проэкція.

Digitized by Google

Возмемъ простѣйшій и правильнѣйшій изъ конусовъ, то есть прямой, круглой (фиг. 12). Всѣ сѣченія онаго съ плоскостями параллельными основанію, также какъ и самое основаніе суть *круги*. Въ третьей главѣ изъяснены свойства круга и его окружности.

I. Элипсисъ. Если конусъ разсѣчь плоскостію PQ (фиг. 12) наклоненною къ оси, и когда сія плоскость встрѣчаетъ всѣ ребра онаго, то коническое сѣченіе такимъ образомъ произшедшее будетъ сомкнутая со всѣхъ сторонъ кривая линія, называемая *элипсисомъ*. Вотъ главныя свойства элипсиса.

Онъ имѣетъ *центръ* O (фиг. 13) и двѣ оси AB и CD, пересѣкающіяся подъ прямымъ угломъ. Всякая прямая линія SOT, проведенная чрезъ центръ и ограниченная обводомъ элипсиса, раздѣляясь въ центрѣ на двѣ равныя части называется *діаметромъ*, она раздѣляетъ элипсисъ на двѣ равныя части, изъ которыхъ одна можетъ совершенно покрыть другую.

Каждая изъ двухъ осей, раздѣляетъ элипсисъ на двѣ симметрическія части. Итакъ всякая линія MPN, перпендикулярная къ одной

Digitized by Google

изъ осей AB, раздѣляется сею осью на двѣ равныя части PM и PN. Слѣдовательно, если обратимъ полуэлипсисъ ACB, около линіи AB, какъ будто на шарньерѣ, то всѣ точки обвода ACB, непосредственно совмѣстятся съ точками обвода ADB.

Если центръ элипсиса есть также центръ круга, имѣющаго ось AB діаметромъ, то продолживъ OD и PN, до точекъ d и n, круга, будемъ имѣть пропорцію OD : Od :: PN : Pn, для всѣхъ прямыхъ PNn, параллельныхъ оси COD. Итакъ, элипсисъ можно разсматривать какъ кругъ пропорціонально во всѣхъ частяхъ сжатый.

Напротивъ, если опишемъ кругъ на маленькой оси CD какъ на діаметрѣ CbD (фиг. 13 bis), то будемъ имѣть слѣдующую пропорцію для всѣхъ прямыхъ линій FgG, перпендикулярныхъ къ оси CD и ограниченныхъ на кругѣ точкою g, а на элипсисѣ точкою G . . . . . Ob : OB : : Fg : FG.

Итакъ, элипсисъ можетъ быть разсматриваемъ какъ кругъ, пропорціонально во всѣхъ частяхъ вытянутый.

Теперь положимъ, что требуется опредѣлить на горизонтальной плоскости, проэк-

Digitized by Google

цію круга, начерченнаго на наклонной плоскости, изображенной прямой AB (фиг. 14)?

Пусть ab, будетъ проэкція діаметра AB, болѣе всѣхъ наклоннаго, а o проэкціею центра O, то если проведемъ cod, перпендикулярную къ ab и сдѣлаемъ oc=OC=радіусу круга, то кривая acbd будетъ проэкціею сего круга и изобразитъ *элипсисъ*. Въ самомъ дѣлѣ, проведемъ какой нибудь перпендикуляръ MN къ діаметру AB, круга начерченнаго на плоскости AB, то горизонтальная MN, будетъ въ плоскости круга, и слѣдовательно равна своей проэкціи mn. Итакъ, перпендикулиры mn, будутъ ближе находиться къ большой оси cod, нежели перпендикуляры MN къ радіусу CO, въ отношеніи OM къ om. Посему проэкція круга есть ничто иное какъ кругъ, пропорціонально во всѣхъ частяхъ сжатый, то есть *элипсисъ*. Слѣдовательно: *при всякомъ проэктированіи круга на плоскость ему непараллельную, проэкція онаго будетъ кругъ, а большая ось сего элипсиса будетъ діаметромъ круга.*

Хотя краткость сего курса не позволяетъ разпространяться о многихъ свойствахъ элипсиса, но я упомяну одно изъ нихъ,

Digitized by Google

которое должно привлечь ваше вниманіе, по причинѣ безчисленныхъ и важныхъ приложеній его.

Если въ двухъ постоянныхъ точкахъ F и f (фиг. 15), воткнемъ два кола или иголки, къ которымъ привяжемъ веревку, или шнуръ, или нитку, длиннѣе разстоянія Ff, потомъ какимъ нибудь остреемъ натянувъ сію веревку станемъ двигать оное, то къ сторонѣ F, то къ сторонѣ f, тогда опишемъ кривую линію, которая будетъ элипсисъ. Элипсисъ сей называютъ *садовничьимъ*, поелику садовникъ симъ способомъ очерчиваетъ на землѣ элипсисы для куртинъ.

Весьма примѣчательное свойство элипсиса состоитъ въ томъ, что въ каждой изъ точекъ C его обвода, прямолинейныя части веревки FC и fC, дѣлаютъ въ C съ кривою или съ касательною tCT (*) одинъ и тотъ же уголъ.

(*) Дабы доказать сіе, на продолженной FC, возмемъ Cg=Cf и проведемъ fg. Проведемъ прямую TCt перпендикулярную къ fg. Наклонныя Cf и Cg равны между собою, то углы fCT=gCT=FCt. Разсмотримъ какую либо точку t линіи Tct; здѣсь сумма разсто-

Digitized by Google

Приложенiе къ Оттикѣ. Изъ опыта узнали, что лучь свѣта FC, которой старается проникнуть кривую линiю или поверхность ACB, принимаетъ другое направленiе Cf, или какъ говорятъ *отражается* по Cf, такимъ образомъ, что два радiуса FC и Cf дѣлаютъ съ поверхностiю или съ кривою равные углы. Слѣдовательно, если элипсисъ отражаетъ свѣтъ подобно плоскому зеркалу, то лучи свѣта FC, идущiя изъ точки F, отражаясь должны взять направленiе Cf, проходящее чрезъ f.

Двѣ точки F и f, называются *фокусами.* Итакъ *всѣ лучи свѣта, выходящiя изъ одного фокуса, отразясь на обводѣ элипсиса, пройдутъ чрезъ другой фокусъ.*

Приложенiе къ Акустикѣ. Звукъ, подобно свѣту, разпространяется прямолинейно; онъ

янiй Ft+ft=Ft+tg ломанной линiи, которая больше прямой FCg=FC+Cf, слѣдовательно прямая TCt, касаясь элипсиса только въ точкѣ C, будетъ его *касательная.* Слѣдовательно касательная элипсиса въ C, дѣлаетъ съ обоими радiусами векторами два равные угла. Такое же доказательство можно приложить и къ свойству нараболы и иперболы.

Digitized by Google

отражается также въ прямой линіи, подъ угломъ отраженія равнымъ углу паденія. Слѣдовательно если обводъ элипсиса устроенъ для отраженія звука, тогда звукъ выходящій изъ фокуса F, отразится и пройдетъ чрезъ другой фокусъ f, въ которомъ называется *эхомъ* звука F.

Есть залы устроенныя элипсисомъ (фиг. 15), которыми практика, доказала основательность теоріи. Если въ фокусѣ F говорить такъ тихо, что въ весьма близкомъ разстояніи, какъ въ O ничего не слышно, то эхо, тихо выговоренныя слова въ фокусѣ F, содѣлываетъ весьма ясно различительными въ другомъ фокусѣ f.

Планеты, пробѣгаютъ около солнца кривыя, которыя суть *элипсисы*, имѣющія одинъ изъ своихъ фокусовъ въ центрѣ солнца. Надлежало пройти тридцати вѣкамъ ученія въ Астрономіи, также какъ и въ Геометріи, дабы открыть сію истину, которая доставила величайшіе и прекраснѣйшіе успѣхи въ новѣйщей Астрономіи.

Если обернемъ элипсисъ около большой оси AFB, проходящей чрезъ оба фокуса, то получимъ поверхность вращенія, обладающую

Digitized by Google

тѣмъ свойствомъ, что лучи свѣта или звука FC, исходя изъ фокуса F, отразятся по прямой линіи, проходящей чрезъ другой фокусъ f.

Подобно тому какъ пропорціонально во всѣхъ точкахъ вытянутымъ или сжатымъ кругомъ устраиваютъ всѣ роды элипсисовъ, заставляя обращаться элипсисъ около одной изъ его осей можно образовать всѣ роды вытянутыхъ или сплюснутыхъ поверхностей *эллипсоидовъ*. Мы означимъ средство сіе, не входя въ большія подробности.

Есть способъ начертанія элипсисовъ помощію непрерывнаго движенія, который художники иногда употребляютъ. AOB и COD (фиг. 16), суть двѣ оси; проведемъ прямую MNP=OA, на которой возмемъ PN=OC, оставляя постоянно точку M всегда на маленькой оси, продолжая оную если нужно, а точку N на большой оси и двигая такимъ образомъ линію MNP во всѣхъ возможныхъ положеніяхъ, концемъ оной P опишемъ элипсисъ ABCD.

Основываясь на семъ свойствѣ производить непрерывнымъ движеніемъ элипсисы, устроены инструменты, которые по справедливости можно назвать *элипсическими циркулями*.

Digitized by Google

Способъ сей можно приложить къ начертанію элипсическихъ поверхностей помощію прямой линіи, которой три постоянныя точки, находятся всегда на трехъ постоянныхъ плоскостяхъ, и обращая прямую линію во всѣхъ возможныхъ ея направленіяхъ опишемъ поверхность элипсоида. Способъ сей можетъ найти приложеніе въ начертаніяхъ и работахъ требующихъ устроенія элипсическихъ сводовъ.

II. Парабола (фиг. 17), произходитъ отъ разсѣченія конуса ABOba, плоскостію QR параллельною одному изъ реберъ конуса. Сія кривая mnp, съ одной стороны сомкнутая, а съ другой отверстая, простираясь въ безконечность, расширяетъ болѣе и болѣе вѣтьви свои mm и np. Парабола MNP (фиг. 18), имѣетъ одну вершину N и *ось* NL, въ отношеніи которой двѣ вѣтьви оной MN и NP, расположены симметрически; она имѣетъ одинъ *фокусъ* F.

Продолжимъ ось на количество NG=NF, разстоянію фокуса отъ вертины пораболы; чрезъ точку G проведемъ прямую XY, перпендикулярную къ оси. Если продолжимъ от

Digitized by Google

раженный радіусъ IK до H на XY, то точка J параболы, будетъ равно удалена какъ отъ фокуса такъ и отъ направленія XY; и такъ FJ=HJ. Теперь пусть наугольникъ EHJ скользитъ по длинѣ XY; пусть привязанная веревка въ прямомъ углѣ H, будетъ всегда вытянута въ прямой линіи JH, пусть другая постоянная веревка укреплена въ фокусѣ F и концемъ своимъ соединена въ I, съ первою веревкою, такимъ образомъ, что FI=HI; теперь пусть обѣ веревки помаленьку равно вытягиваются, по мѣрѣ удаленія наугольника отъ оси, то точка I опишетъ *параболу*.

Предполагая что элипсисъ болѣе и болѣе вытягивается, его два фокуса будутъ одинъ отъ другаго удаляться. Если останемся въ одномъ изъ сихъ фокусовъ, то часть элипсиса, которая простирается около сего фокуса будетъ болѣе и болѣе походить на параболу, и, наконецъ окончимъ совершеннымъ сходствомъ оной съ сею послѣднею.

Кометы описываютъ кривыя, кажущіяся параболами, которыхъ фокусъ занимаетъ Солнце, сіи кривыя суть вытянутыя элипсисы.

При вытягиваніи элипсиса радіусы векторы, проведенные изъ фокуса, который уда-

Digitized by Google

лается отъ другаго фокуса, болѣе и болѣе приближаются къ параллельному ихъ положенію и содѣлываются таковыми если два фокуса удалены одинъ отъ другаго на безконечно большое разстояніе. Тогда элипсисъ содѣлается совершенною параболою; а радіусы исходящія изъ одного фокуса отразятся сею кривою такимъ образомъ, что встрѣтятъ ось только развѣ на чрезвычайно большомъ разстояніи, гдѣ предполагается другой фокусъ. Слѣдовательно, радіусы параболы, выходя изъ фокуса отражаются кривою параллельно оси.

Параболу употребляютъ для полученія свѣта разпространяющагося изъ фокуса, и отраженія въ кучу лучей параллельныхъ оси, вмѣсто того чтобы разбросать ихъ по всѣмъ точкамъ пространства.

Приложеніе къ маякамъ. На берегахъ морей, при входахъ въ гавани, въ устьяхъ рѣкъ, надъ опасными мѣстами или близко ихъ, возвышаютъ огонь или свѣтъ, который должно такъ дѣлать, чтобы его изъ дали замѣтить можно было. Таковы суть огни маяковъ. Огни сіи помѣщаютъ въ фокусѣ мѣдной посеребренной поверхности, которой

Digitized by Google

даютъ фигуру параболы обращенной около своей оси (фиг. 18). Это есть *парабола вращенія*. Посему опредѣленію всѣ радіусы, отраженные поверхностію, которая называется *отражательнымъ параболоидомъ*, образуютъ собраніе параллельныхъ лучей, имѣющихъ основаніемъ параллельный кругъ ABCD, который также образуетъ основаніе поверхности отражателя ABCDN.

Параболоидъ становится въ постоянномъ положеніи; въ семъ случаѣ маякъ можно видѣть ночью, на весьма большомъ разстояніи, только тогда, если будемъ находиться на пересѣченіи оси параболы. Иногда же парабалоидъ обращается около вертикальной оси, и тогда онъ постепенно разливаетъ на всѣ точки горизонта отражаемый имъ свѣтъ, а мореходцы усматривая правильное отсутствіе и возвращеніе свѣта, узнаютъ, что это не есть случайный свѣтъ. Продолженіе промежутковъ свѣта и темноты, представляетъ разности, помощію которыхъ различаютъ маяки одного и того же бѣрега.

III. Ипербола, есть пересѣченіе (фиг. 19) mnp и m'n'p', сдѣланное въ конусѣ плоскостію разсѣкающею двѣ полы онаго AOB и

Digitized by Google

aob. Она представляетъ двѣ отдѣльныя части, изъ коихъ каждая имѣетъ двѣ вѣтьви подобныя параболѣ, но съ тою разницею, что вѣтьви иперболы разпространяются гораздо быстрѣе, такъ что самая сжатая, имѣющая одну ось и вершину съ параболою двумя вѣтьвями своими всегда выходитъ за вѣтьви параболы.

Ипербола ABC, abc (фиг. 20), имѣетъ двѣ оси и два фокуса F и f, какъ и элипсисъ, но вмѣсто того чтобы *сумма* радіусовъ векторовъ была постоянная, она имѣетъ постоянною *разность* ихъ. Два радіуса FM и fm, дѣлаютъ съ кривою также равные углы, но кривая вмѣсто того чтобы заключать два радіуса вектора, какъ бываетъ въ элипсисѣ, проходитъ между ими и проч. Наконецъ, есть двѣ такія прямыя линіи XOx и ZOz, которыя съ большею осью FOf дѣлаютъ одинакіе углы, и которыя чѣмъ далѣе продолжаются тѣмъ болѣе приближаются къ вѣтьвямъ иперболы но никогда ихъ недостигаютъ, развѣ только на безконечно большомъ протяженіи. Таковы суть линіи называемыя *ассимптоталии* кривой.

Digitized by Google

Пересѣченіе конуса съ кривыми поверхностями. Для опредѣленія онаго пересѣченія должно чрезъ вершину конуса провести рядъ плоскостей, пересѣченія которыхъ съ конусомъ будутъ прямолинейныя ребра, а сіи разсѣкутъ кривыя поверхности въ другихъ линіяхъ, которыхъ пересѣченія съ сими ребрами будутъ точки, принадлежащія искомой кривой линіи.

Приложеніе къ Оптикѣ. Въ девятой главѣ мы сказали, что предметы представляются намъ помощію лучей свѣта, проходящихъ отъ каждой точки оныхъ въ центръ нашего глаза. Каждая линія отбрасывающая намъ сіи лучи свѣта, содѣлывается основаніемъ конуса, а если начертимъ *пересѣченіе* сего конуса съ поверхностію, принятаго для картины, то получимъ перспективу освѣщенной линіи.

Картины обыкновенно имѣютъ плоскую поверхность, какъ мы уже и сказали въ девятой главѣ, но иногда онѣ бываютъ и цилиндрическія или полушаріями.

Панорама. Выдумали составлять цилиндрическія картины, помѣщая точку зрѣнія на самой оси цилиндра. Симъ средствомъ

Digitized by Google

можно изобразить на обводѣ цилиндра всѣ предметы Природы, которые около данной точки идутъ кругомъ до горизонта. Таковы суть *панорамы*, которыхъ имя означаетъ *универсальный* или *всеобщій видъ*, поелику они въ самомъ дѣлѣ показываютъ *всѣ* предметы, открывающіяся взору нашему изъ одной точки. Итакъ начертаніе панорамы есть ничто иное, какъ пересѣченіе цилиндрической поверхности, образующей картину со многими коническими поверхностями, имѣющими вершину въ точкѣ зрѣнія, а основаніями всѣ тѣ линіи Природы, которыя художникъ изобразить предполагаетъ.

Дабы производство работы сего рода перспективы сдѣлать проще, раздѣляютъ горизонтъ на довольно большое число равныхъ частей, напримѣръ на двадцать. Рисуютъ на обыкновенныхъ плоскихъ листахъ видъ перспективы предметовъ, заключающихся въ сей двадцатой части горизонта. Потомъ рисуютъ всѣ двадцать полосъ вертикально и параллельно одну возлѣ другой на холстѣ, изображающемъ развернутую поверхность цилиндра, образующаго картину; наконецъ натягиваютъ полотно на цилин-

Digitized by Google

дрическую стѣну, круглаго строенія содержащаго панораму.

Изображеніе сего рода живописи, при совершенномъ выполненіи оной, поражаетъ взоры зрителя до того, что производитъ иногда тѣже обольщенія, что и самая Природа. Никакое другое средство представленія не можетъ лучше показывать общаго вида мѣстоположенія, около данной точки; выгода, которую не можетъ имѣть ни плоская картина, ни плоская перспектива части горизонта.

Магическія зеркала. Послѣ панорамы, сходство геометрическихъ представленій заставляетъ насъ описать здѣсь весьма примѣчательную игру Физики. Она состоитъ въ начертаніи на плоскости фигуръ таковыми, что отраженныя цилиндрическимъ или коническимъ зеркаломъ, онѣ будутъ рисоваться въ глазѣ зрителя такимъ образомъ, что представлятъ правильные предметы и натуральныя формы. Для начертанія сихъ предметовъ на плоскости, должно знать: 1. всѣ ребра конусовъ, которые приводятъ каждый предметъ въ перспективу на зеркало; 2. отраженные лучи, разсматривая сіи ребра какъ

Digitized by Google

подающіе лучи. Каждый отраженный лучь, чрезъ пересѣченіе свое съ плоскостію даетъ точку, а собраніе такимъ образомъ полученныхъ точекъ будетъ та самая фигура, которую нарисовать желали, Удовольствіе, доставляемое такимъ зрѣлищемъ раждаетъ удивленіе, при видѣ формъ самыхъ не правильныхъ, самыхъ смѣшныхъ и часто самыхъ отвратительныхъ, которые чрезъ отраженіе свѣта, дѣлаются въ одно мгновеніе правильными, пріятными и удовлетворяющими нашимъ понятіямъ о приличіи и красотѣ.

Перспектива на куполахъ. Въ большихъ зданіяхъ, какъ то: храмовъ и дворцовъ, своды и купола часто украшаются перспективою, которой начертаніе получается чрезъ *пересѣченіе коническихъ поверхностей* съ поверхностями сихъ сводовъ или куполовъ. Въ такомъ случаѣ необходимо, чтобы художникъ имѣлъ обширныя понятія о сей перспективѣ, дабы фигуры, которыя разсматривая вблизи, кажутся намъ весьма расличествующими отъ формъ и положеній естественныхъ при взглядѣ на нихъ изъ надлежащей точки зрѣнія, казались бы въ свойственныхъ имъ положеніяхъ.

Digitized by Google

Коническія тѣни. Когда свѣтящаяся точка, свѣта свѣтильника, горящей свѣчки, собраніе лучей солнечнаго свѣта, проходя чрезъ малое отверстіе освѣющатъ не прозрачныя тѣла, то производятъ тѣнь сихъ предметовъ такимъ образомъ, что образуютъ въ пространствѣ коническую поверхность, отдѣляющую тѣнь отъ свѣта. Если желаютъ опредѣлить тѣнь, которую тѣло освѣщенное одною точкою отбрасываетъ на другое тѣло, то должно опредѣлить *пересѣченіе сей конической поверхности,* данной тѣломъ отбрасывающимъ тѣнь, съ тѣломъ на которое тѣнь сія падаетъ.

Въ разсужденіи тѣни отбрасываемой параллельными лучами, замѣтимъ молодымъ живописцамъ, что весьма полѣзно опредѣлять напередъ по геометрическому способу, многія отбрасывающія тѣни сего рода, дабы пріучаться къ тѣмъ формамъ, которыя при семъ выходятъ и дабы лучше судить о дѣйствіи свѣта на оттѣняемыхъ фигурахъ, что много послужитъ къ вѣрному представленію ихъ произведеній.

Основываясь на вышесказанномъ можно найти: 1. пересѣченіе развертывающихся

Digitized by Google

или косыхъ поверхностей съ другими поверхностями, которыя опредѣляютъ точки, гдѣ сіи послѣднія пересѣчены каждою изъ прямыхъ, составляющихъ *ребра* первой; 2. пересѣченія поверхностей вращенія съ другими поверхностями, опредѣляя точки, гдѣ сіи послѣднія пересѣчены *параллельными кругами*, начертанными на первыхъ, и проч.

Во всѣхъ дѣйствіяхъ, величайшее искуство художника будетъ состоять въ хорошемъ выборѣ его плоскостей проэкцій, дабы для проэкцій производящихъ линій каждой поверхности, имѣть кривыя простыя и легкія для начертанія.

Digitized by Google

ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ.

О касательныхъ линіяхъ и касательныхъ плоскостяхъ къ кривымъ линіямъ и къ кривымъ поверхностямъ.

Часто для простоты соображеній и доказательствъ, мы принимаемъ кривую ABC DEFGH (фиг. 1), за прямолинейный многоугольникъ, котораго весьма малые бока AB, BC, CD, DE, ... приближаются къ кривой взятой между сими различными точками.

Если чрезъ двѣ точки A и B, назначенныя на кривой столь близко, сколь намъ то сдѣлать возможно, проведемъ прямую XABY, то она такъ сказать совмѣстится съ кривою въ небольшомъ пространствѣ, раздѣляющемъ двѣ точки A и B; она означитъ направленіе сей маленькой части кривой ABC DEFGH. Тогда говорятъ, что прямая XABY есть *касательная* кривой, въ весьма малой части AB.

Замѣтимъ, что сей способъ находить касательныя кривой есть только *приближенный*. Попытаемся простымъ примѣромъ дать строгое понятіе о точной касательной.

Digitized by Google

Проведемъ въ кругѣ ABC (фиг. 2), радіусъ OA, потомъ чрезъ оконечность 2 къ сему радіусу перпендикуляръ XAY. Мы доказали (глава третія), что всякая точка линіи XAY, изключая точки A находится внѣ круга. Прямая XAY, касающаяся круга въ одной точкѣ есть та, которую мы назвали *касательною* круга.

Между кругомъ и касательною XAY, чрезъ точку касанія, другой прямой линіи ни по правую ни по лѣвую сторону оной провести не можно. Въ самомъ дѣлѣ, если чрезъ точку A проведемъ какую нибудь прямую линію AZ, потомъ ON къ ней перпендикулярную, то сія перпендикулярная необходимо должна быть меньше наклонной AO; посему AZ войдетъ въ кругъ и слѣдовательно уже не будетъ проходить изъ точки A между кругомъ и касательною XAY.

Вотъ почему весьма малая часть круга, проходя подъ касательною слѣдуетъ направленію сей самой касательной, такъ что точку взятую на кругѣ весьма близкую къ A, можно разсматривать, какъ находящуюся и на касательной, сего достаточно для означенія ея направленія способомъ тѣмъ

Digitized by Google

менѣе ошибочнымъ, чѣмъ вторая точка *болѣе приближается* къ первой.

Радіусъ OA, перпендикулярный къ касательной XAY, также перпендикуляренъ и къ малой части дуги, которая проходя чрезъ A, слѣдуетъ направленію самой касательной. Сей перпендикуляръ къ касательной называется *нормальною линіею*. Итакъ, *радіусъ круга есть нормальная окружности.*

Художества весьма много употребляютъ свойства доставляемыя касательными и нормальными линіями, для полученія формы опредѣленной обводомъ линій и поверхностей.

Теперь посмотримъ какимъ образомъ очерчиваютъ правильный многоугольникъ помощію касательныхъ круга.

Пусть будетъ какой нибудь правильный многоугольникъ abcdef .... (фиг. 3). O есть центръ сего многоугольника, то Oa=Ob=Oc=Od ....., также какъ и ab=bc=cd ...., слѣдовательно трехугольники aOb, bOc, cOd, ... суть равны между собою. Посему перпендикуляры OA, OB, OC, ..., опущенные изъ O на ab, bc, cd, также равны между собою. Итакъ кругъ описанный изъ точки O какъ центра, радіусомъ OA=

Digitized by Google

OB=OC=OD....., имѣетъ касательными своими стороны правильнаго многоугольника abcde.....

Въ такомъ случаѣ говорятъ, что многоугольникъ abcde....., описанъ около круга AB CDE.....; итакъ, *всякой правильной многоугольникъ можетъ быть описанъ около круга.*

Очевидно: 1. что окружность круга болѣе обвода всякаго многоугольника ABCD....., вписаннаго въ кругѣ, и, менѣе обвода всякаго многоугольника abcde....., описаннаго около круга; 2. что площадь круга болѣе площади всякаго въ семъ кругѣ вписаннаго многоугольника, и, меньше площади всякаго многоугольникика описаннаго около круга.

Умножая стороны многоугольниковъ вписанныхъ и описанныхъ около круга, имѣющаго радіусомъ единицу, Геометры изчислили двѣ окружности, разнящіяся одна отъ другой на количество менѣе всякой нашими инструментами измѣряемой длины, и при томъ таковыя, что одна изъ сихъ окружностей болѣе, а другая менѣе окружности круга.

Равнымъ образомъ опредѣлили правильные многоугольники, изъ коихъ площадь одного

Digitized by Google

болѣе, а другаго менѣе площади круга, коихъ разность менѣе всякой данной величины. Такимъ образомъ выражаютъ числами весьма близко, окружность и площадь круга, имѣющаго радіусомъ единицу.

Способъ сей можно употребить для опредѣленія обвода и площади пространства, ограниченнаго всякою другою кривою линіею.

Сей примѣчательный способъ названъ Геометрами *способомъ предѣловъ*. Онъ даетъ строгія доказательства для большаго числа изчисленій и началъ Математики, *которыя мы представили какъ почти неразличающіяся чувствительно отъ истины.*

Хотите ли вырѣзать изъ листа желѣза, папки и проч. кругъ ABCD (фиг. 3)? Для сего должно помощію *касательныхъ* очертить многоугольникъ описанный около круга, потомъ стругомъ, пилою, ножницами, или какимъ другимъ прямолинейнымъ инструментомъ срѣзать углы a, b, c, d, ... Отъ чего получимъ многоугольникъ, имѣющій вдвое болѣе сторонъ противъ перваго и гораздо менѣе разнствующій отъ круга. Продолжая такимъ образомъ срѣзывать углы, получимъ многоугольникъ, котораго стороны

Digitized by Google

будутъ столь многочисленны и малы, что вершины и углы будутъ не замѣтны, тогда кругъ покажется совершеннымъ.

При построеніи дверей, окошекъ и сводовъ полною дугою или готически, опоры AM и CN (фиг. 4 и 5) вертикальны и перпендикулярны къ горизонтальнымъ радіусамъ AO =OC (фиг. 4) и AC (фиг. 5). Слѣдовательно сіи опоры въ точкахъ A и C *касаются* къ дугамъ сводовъ.

Въ пологомъ сводѣ ABCD (фиг. 6), образованномъ полуовальною кривизною, находятся три дуги круга AB, BC и CD, которыхъ центры m, O и n, расположены слѣдующимъ образомъ:

1. O, m и точка B соединенія дугъ AB и BC, находятся въ прямой линіи; 2. O, n и точка C соединенія дугъ BC и CD, находятся также въ прямой линіи. Слѣдовательно, если XBY перпендикулярна къ OmB, а ZCT къ OnC, то сіи двѣ линіи будутъ касательными, первая къ дугамъ AB и BC въ точкѣ B, а вторая къ BC и CD въ точкѣ C. Посему дуги такимъ образомъ начерченныя, имѣя общія касательныя въ точ-

Digitized by Google

кахъ ихъ встрѣчи не будутъ образовать ни угловъ, ни впадинъ.

Когда хотятъ замѣнить непрерывную кривую линію дугами круга, которыя бы сколь возможно болѣе къ оной приближались и произвели бы такую же непрерывную кривую, то должно чтобы дуги круга соединялись такимъ образомъ, чтобы въ точкахъ ихъ соединенія онѣ имѣли однѣ и тѣ же касательныя, что увидимъ яснѣе въ слѣдующей главѣ.

Плоскости касательныя къ поверхностямъ. Сдѣлаемъ въ поверхности AGB (фиг. 7), параллельно данной плоскости рядъ сѣченій плоскостями AB, CD, EF, ..., которыя по мѣрѣ приближенія ихъ предѣлу поверхности будутъ безпрестанно уменьшаться и наконецъ достигнутъ точки G, которая одна будетъ на плоскости MN, параллельной всемъ сѣченіямъ.

Проведемъ на поверхности различныя кривыя AGB, aGb, ... проходящія чрезъ точку G, а потомъ къ симъ кривымъ въ точкѣ G касательныя линіи; то поелику между кривою и касательною не возможно провести ни какой другой линіи слѣдуетъ, что сіи

Digitized by Google

касательныя будутъ находиться въ одной плоскости MN.

Итакъ, плоскость касательная въ точкѣ G къ поверхности AGB, содержитъ въ себѣ *всѣ* касательныя прямыя линіи, проведенныя въ точкѣ G къ различнымъ кривымъ линіямъ проходящимъ чрезъ точку G на той поверхности. Изъ сего должно однакожъ исключить *отдѣльныя точки*, какъ напримѣръ: вершины конусовъ и проч., но точки сіи всегда выключаются изъ поверхностей.

Для общаго случая возмемъ для примѣра шаръ. Параллельныя сѣченія AB, CD, EF (фиг. 8) суть круги, которыхъ центры o, o′ o″, находятся на прямой линіи oo′o″ ..... G, перпендикулярной къ плоскостямъ всѣхъ круговъ и проходящей чрезъ центръ самаго шара. Если чрезъ оконечность G, сей прямой линіи проведемъ плоскость MN, параллельную плоскости одного изъ сѣченій, и по сему перпендикулярную къ oG, то оная будетъ касательная плоскость шара. Въ самомъ дѣлѣ каждая другая точка сей плоскости будетъ отстоять далѣе отъ центра шара нежели G, слѣдовательно она необходимо должна быть вся внѣ шара, а посему

Digitized by Google

сія плоскость будетъ касаться онаго въ одной только точкѣ G. Всякая плоскость проведенная чрезъ goG, разсѣчетъ шаръ въ кругѣ, котораго сія goG будетъ діаметръ, и котораго касательная въ G будетъ перпендикулярна къ goG. Поелику всѣ линіи перпендикулярныя въ точкѣ G къ goG, находятся въ одной плоскости, перпендикулярной къ goG и чрезъ G проведенной, то касательная плоскость MN будетъ заключать въ себѣ всѣ касательныя линіи ко всѣмъ меридіональнымъ кругамъ, имѣющимъ линію goG діаметромъ. Столь же легко доказать можно, что самый малый кругъ начерченный на шарѣ чрезъ точку G имѣетъ свою касательную въ G, находящуюся на плоскости MN.

Для поверхностей какъ и для линій, линію goG (фигура 8) перпендикулярную къ касательной плоскости въ точкѣ G называютъ *нормальною линіею*.

Приложимъ сіи первоначальныя понятія къ различнымъ родамъ поверхностей, которыя мы разсматривали въ предыдущихъ главахъ.

Касательная плоскость къ цилиндру. Пусть цилиндръ ABCabc (фигура 9), огра-

Digitized by Google

ниченный двумя параллельными основаніями, имѣемъ также всѣ соотвѣтствующія линіи параллельныя. Если Bb есть ребро, то касательныя MBN и mbn, двухъ круговъ въ точкахъ B и b будутъ между собою параллельны; то же самое будетъ и для всякой другой касательной m'b'n' къ кривой a'b'c', параллельной основанію, гдѣ b' находится на ребрѣ Bb. Рядъ параллельныхъ касательныхъ MBN, m'b'n', ... mbn, проходящихъ чрезъ ребро Bb'b, которое есть прямая линія, будутъ составлять плоскость. Сія плоскость есть касательная цилиндра по всему протяженію ребра его.

Образованіе плоскостей помощію касательныхъ цилиндровъ. Булочникъ, катая скалку параллельно самой себѣ по тѣсту, образуетъ оною плоскость, которая будетъ по очереди *касаться* каждаго ребра цилиндрической поверхности скалки.

Садовникъ, катая по дорожкамъ чугунный цилиндръ, достигаетъ до того же вывода. По мѣрѣ того какъ дорожка укатывается, она дѣлается *касательною* по всему протяженію каждаго ребра сей поверхности.

Digitized by Google

Каретникъ, вѣшаетъ кареты на кожаныхъ ремняхъ, (фигура 11). Ремни сіи идутъ въ направленіи нижняго цилиндрическаго обвода кузова кареты и продолжаются такимъ образомъ, что ихъ верхнія стороны принимаютъ видъ касательной плоскости къ кузову. Когда кузовъ качается по продольному направленію, то онъ приближается или удаляется отъ сей касательной плоскости, которая будучи одинаковою съ обѣихъ сторонъ, избѣгаетъ поперечнаго качанія, что составляетъ величайшую непріятность въ ненавѣсныхъ повозкахъ безъ ресоръ.

Построеніе цилиндра помощію касательныхъ плоскостей. Мы упомянемъ здѣсь способъ, описанный въ главѣ о цилиндрахъ, какимъ образомъ твердымъ тѣламъ давать фигуру цилиндрической поверхности. Для сего на двухъ концахъ куска дерева, камня, и проч., изъ котораго желаютъ вырѣзать цилиндръ, вычерчиваютъ основанія, потомъ два описанныя около сихъ основаній многоугольника, имѣющія соотвѣтствующія бока равныя и параллельныя. Наконецъ пилою, стругомъ, или какимъ другимъ инструмен-

Digitized by Google

томъ способнымъ къ выдѣлыванію плоскостей, проводятъ плоскости чрезъ параллельные бока сихъ многоугольниковъ. Такимъ образомъ получаютъ многоугольную призму описанную около цилиндра, поелику ея различныя стороны будутъ касательными къ поверхности цилиндра. Если теперь пилою, стругомъ, и проч. срѣзывать ребра призмы, дабы образовать новыя касательныя плоскости къ цилиндру, то чѣмъ стороны призмы будутъ болѣе умножаться, тѣмъ менѣе она будетъ ранствовать отъ цилиндра.

Касательныя плоскости къ конусу. Проведемъ на конусѣ (фиг. 12) ребро SABC, то всѣ касательныя въ точкахъ A, B и C, ... къ параллельнымъ сѣченіямъ Aa, Bb, Cc, ... проведенные, будутъ также и между собою параллельными. Собраніе сихъ касательныхъ составитъ плоскость PQMN, касательную къ конусу по всему протяженію ребра SABC.

Приложеніе. Основываясь на семъ свойствѣ конуса, описавъ около основанія многоугольникъ можно сдѣлать пирамиду, которой стороны будутъ касаться конуса по всей длинѣ ихъ. Срѣзывая постепенно пи-

Digitized by Google

лою, спругомъ и проч., ребра сей пирамиды новыми касательными плоскостями, будемъ болѣе и болѣе увеличивать число сихъ реберъ и получимъ поверхность, которая съ достаточною точностію изобразитъ конусъ. Смотри десятую главу.

Плоскости, касательныя къ развертывающимся поверхностямъ. Свойство, которое имѣетъ касательная плоскость, касаясь цилиндра и конуса по всему протяженію ребра, принадлежитъ равно и другимъ родамъ развертывающихся поверхностей. Сіи поверхности можно разсматривать какъ будто составленными изъ маленькихъ коническихъ, чрезвычайно узкихъ граней, къ которымъ касательныя плоскости, какъ къ конусу, касаются по всей длинѣ каждаго ребра.

Развертывающуюся поверхность можно провести чрезъ двѣ данныя кривыя, описывая около сихъ кривыхъ такіе многоугольники, что каждая плоскость будетъ проходить въ одно время чрезъ бока каждаго многоугольника. Таковая плоскость будетъ касательная развертывающейся поверхности. Срѣзывая ребра образованныя пересѣченіемъ сихъ плоско-

Digitized by Google

стей, увеличимъ число боковъ описанныхъ многоугольниковъ, а потому и плоскихъ граней, касающихся къ развертывающейся поверхности, которую получить желали.

Цилиндры касающіяся другихъ цилиндровъ по длинѣ реберъ. Положивъ одинъ возлѣ другаго два прямые круглыя цилиндра ABCD и BCFE (фиг. 10), такимъ образомъ, чтобы оси ихъ были параллельны и на разстояніи равномъ суммѣ радіусовъ основаній, то два цилиндра будутъ касаться по всему протяженію ребра BC. И такъ двѣ поверхности по всему протяженію сего ребра будутъ имѣть одну касательную плоскость. Представимъ теперь, что спереди и сзади двухъ цилиндровъ находится по горизонтальному столу, коихъ верхнія поверхности имѣютъ одно направленіе съ сею плоскостію. Если положить металлическую доску на одинъ изъ двухъ столовъ и заставить ее проходить между двумя цилиндрами, равно одинъ отъ другаго удаленными, то металлическій листъ сдѣлается тонѣе, а двѣ параллельныя стороны содѣлаются *касательными плоскостями*, верхняя сторона къ верхнему цилиндру, а нижняя къ ни-

Digitized by Google

жнему. Итакъ плющеніе металлическихъ листовъ, помощію двухъ цилиндровъ основано на свойствѣ касательныхъ къ цилиндрическимъ поверхностямъ плоскостей.

Конусы и цилиндры, касающіяся между собою по длинѣ ихъ реберъ. Когда цилиндръ ABCD и конусъ ADE (фиг. 13), имѣютъ общее ребро AD и въ точкѣ D общую двумъ основаніямъ касательную линію MQ, то плоскость проведенная чрезъ линію MQ и ребро AD, будетъ общею касательною плоскостію цилиндра и конуса по всему протяженію ребра AD. Итакъ цилиндръ и конусъ касаются между собою по всему протяженію ребра AD.

Кузнецъ, жестянщикъ и котельщикъ, употребляютъ способъ сей для сгибанія по цилиндрическимъ формамъ листовъ желѣза, жести, и проч. Они помѣщаютъ листъ такимъ образомъ, чтобъ ребра цилиндра были въ направленіи ребра коническаго острея *рожка наковальни,* представленнаго въ ADE. Потомъ молотомъ, имѣющимъ закривленный цилиндрически конецъ, сгибаютъ листъ равномѣрно по всему протяженію прямой, въ которой листъ касается конуса. Такимъ

Digitized by Google

образомъ они образуютъ цилиндрическую поверхность. Также могутъ они образовать и коническую поверхность и вообще всякую развертывающуюся поверхность, постепенно увеличивая или уменьшая кривизну металлическаго листа, смотря потому, какъ молотъ ударяетъ по ребру касанія AD, ближе или далѣе отъ вершины A.

Цилиндры касающіяся и обертывающіяся около другихъ поверхностей. Если положимъ что прямая линія двигается постоянно, параллельно первоначальному ея положенію, оставаясь всегда *касательною* къ данной поверхности, то она произведетъ цилиндръ, который будетъ касаться предложенной поверхности по всему протяженію точекъ прикосновенія реберъ цилиндра съ сею поверхностію.

Цилиндры обертывающіе шаръ. Положимъ, что прямая линія касаясь шара abcd (фиг. 14), двигается параллельно оси, проведенной чрезъ центръ шара, то получимъ прямой круглый цилиндръ, касающійся шара по всему протяженію большаго круга amcn.

Приложенія. Искуства весьма часто употребляютъ показанное нами теперь свойст-

Digitized by Google

во. Когда шаръ направляется по прямой оси XOY, онъ долженъ двигаться въ цилиндрѣ его окружающемъ и со всѣхъ сторонъ его касающемся.

Таково начало, на которомъ основана форма огнестрѣльныхъ орудій: ружей, пистолетовъ, пушекъ, единороговъ и мортиръ. Ихъ внутренняя поверхность имѣетъ форму прямаго круглаго цилиндра, а пули, ядра, бомбы и гранаты, которымъ хотятъ сообщить правильное движеніе, суть шары, движущіеся по направленію оси сихъ цилиндровъ.

Калибры шаровъ. Дабы увѣриться: 1. что шары не слишкомъ большаго діаметра, отъ чего они не могутъ входить въ каналъ орудій; 2. что они опять не слишкомъ малаго діаметра, отъ чего потеряется вся вѣрность полета оныхъ, употребляютъ *кружала* (фиг. 15), которыя суть ничто иное, какъ прямые, круглые, пустые цилиндры, имѣющіе весьма короткіе ребра. Кружала сіи держатъ въ рукѣ за ручку ABab, а другою пробуютъ можетъ ли съ различныхъ сторонъ ядро свободно проходить чрезъ кружало, не оставляя между ими большаго пустаго про-

Digitized by Google

странства; дѣйствіе сіе называется *калиброваніемъ* ядеръ.

Приложеніе къ тѣнямъ. Природа безпрестанно представляетъ намъ примѣры цилиндрическихъ поверхностей, образующихся прямыми между собою параллельными линіями и касающимися той поверхности. Когда непрозрачное тѣло, ограниченное кривою поверхностію, освѣщается Солнцемъ, то оно отбрасываетъ позади себя тѣнь; лучи, отдѣляющія сію тѣнь и часть освѣщенную Солнцемъ будутъ необходимо *касаться* тѣла не бывъ имъ пересѣчены. Сіи параллельные лучи суть *касательныя* поверхности тѣла. *Итакъ собраніе точекъ ограничивающихъ въ пространствѣ тѣнь отбрасываемую тѣломъ, образуетъ цилиндръ, котораго всѣ ребра касаются сего тѣла.* Собраніе точекъ прикосновенія поверхности тѣла къ цилиндру, который ограничиваетъ отбрасываемую симъ тѣломъ тѣнь, образуетъ кривую; сія линія отдѣляетъ тѣнь отъ свѣта на поверхности освѣщеннаго тѣла.

Если желаютъ съ точностію опредѣлить отбрасываемую тѣломъ тѣнь, то должно построить цилиндръ, составленный изъ ли-

Digitized by Google

ній касающихся къ поверхности сего тѣла и параллельныхъ предположенному направленію солнечныхъ лучей. Потомъ надлежитъ опредѣлить *пересѣченіе* сей цилиндрической поверхности съ поверхностію тѣлъ, на которыя сія тѣнь отбрасывается. Это составляетъ весьма важное ученіе для Архитекторовъ и Рисовальщиковъ.

Если освѣщенное тѣло подвинуть впередъ или отдвинуть назадъ параллельно самому себѣ по направленію солнечныхъ лучей, то каждая изъ точекъ опишетъ прямую линію параллельную симъ лучамъ; слѣдовательно, всѣ точки тѣла, находящіяся на цилиндрѣ, ограничивающемъ тѣнь отбрасываемую на тѣло, будутъ слѣдовать по направленію сихъ лучей, которыя останутся касательными къ поверхности тѣла; тотъ же самый цилиндръ будетъ также ограничивать тѣнь, отбрасываемую тѣломъ. Цилиндръ сей, окружающій постоянно тѣло во всѣхъ его положеніяхъ въ отношеніи сего тѣла есть то, что называютъ *обертывающеюся поверхностію*.

Итакъ, прямой цилиндръ есть обертывающаяся поверхность шара, движущагося по прямой линіи и сохраняющаго повсюду одинъ ра-

Digitized by Google

діусъ. Каналъ пушки, мортиры, и проч. есть поверхность обертывающая пространство пробѣгаемое ядромъ.

Можно провести чрезъ тѣло цилиндрическую поверхность обертывающую шаръ, котораго центръ движется по прямой линіи. Это можетъ имѣть мѣсто при выстрѣливаніи пулею въ мягкое и не хрупкое тѣло.

Обратно, можно образовать шаръ, заставляя обращаться цилиндръ около прямой линіи проходящей чрезъ ось и къ ней перпендикулярной. Въ каждомъ положеніи цилиндръ будетъ касаться шара въ меридіональномъ кругѣ, а собраніе сихъ меридіановъ образуетъ шаръ. Предполагая, что сіи меридіаны начерчены одинъ возлѣ другаго весьма близко, можно замѣнить касательные цилиндры, цилиндрическими сторонами, взятыми между двумя послѣдовательными меридіанами. Тогда опять попадемъ на приближенный способъ, показанный въ XI главѣ.

Наконецъ, тѣ же самыя средства могутъ служить: 1 для построенія поверхностей какой либо фигуры, помощію другихъ поверхностей во всѣхъ частяхъ ихъ касающихся, и которыя будутъ двигаться по на-

Digitized by Google

правленію параллельному ребрамъ цилиндра; 2. для построенія какой либо поверхности, помощію системы цилиндровъ, которыя оной касаются въ каждомъ изъ ихъ реберъ.

Приложеніе къ столярному искуству. Столяръ, выдѣлывая наличники или что другое по криволинейному обводу, беретъ стругъ, котораго рубанокъ представляетъ поперечное сѣченіе того наличника, а колодка вырѣзана по цилиндрической поверхности, имѣющей основаніемъ сію профиль. Потомъ онъ дѣйствуетъ симъ стругомъ, держа его касательнымъ къ обводу, которой долженъ имѣть наличникъ. Въ движеніи семъ цилиндрическая поверхность струга, совершенно содѣлывается касательною къ обдѣлываемому наличнику по всему протяженію профили производимой рубанкомъ струга, а наличникъ есть поверхность обертывающая цилиндръ, который представляетъ колодка сего струга.

Коническія поверхности представляютъ намъ подобныя же разсужденія и выводы.

Положимъ, что изъ данной точки S (фиг. 16), проведены къ шару O, всѣ возможныя касательныя линіи SA, SB, SC . . . . . , то

Digitized by Google

получимъ прямой круглой конусъ, касающійся сего шара по всему протяженію круга ABCD, служащаго основаніемъ конусу. Въ самомъ дѣлѣ, если обернуть большой кругъ ABE, около оси SO, проведенной чрезъ S и центръ O шара, то: 1. кругъ произведетъ шаръ, 2. SA и SB, касательныя сего большаго круга произведутъ конусъ.

Положимъ, что центръ O движется по оси SO, увеличивая или уменьшая радіусъ шара, пропорціонально его разстоянію отъ точки S. По свойству подобныхъ фигуръ, шаръ будетъ имѣть касательными всѣ ребра SA, SB, SC, ... конуса SABCD. Слѣдовательно конусъ сей обертываетъ пространство, пробѣгаемое шаромъ, котораго центръ движется по прямой линіи, а радіусъ увѣличивается или уменьшается, пропорціонально разстоянію центра до постоянной точки на сей линіи взятой.

Замѣняя шаръ какою либо другою кривою поверхностію, можно равнымъ образомъ изъ каждой точки взятой внѣ сей поверхности, провести всѣ прямыя линіи или ребра конуса, которой будетъ оной касаться въ каждомъ изъ его реберъ. Если точка, взятая

Digitized by Google

за вершину конуса будетъ свѣтящаяся, то полученный такимъ образомъ конусъ будетъ означать позади тѣла, предѣлъ тѣни, отбрасываемой симъ тѣломъ. Если желаютъ точно опредѣлить предѣлъ тѣни отбрасываемой симъ тѣломъ на какую нибудь поверхность, то должно опредѣлить *пересѣченіе* сей поверхности съ конусомъ, ограничивающимъ тѣнь отбрасываемую освѣщеннымъ тѣломъ.

Изъясненіе затмѣній. Примѣнивъ способъ сей къ Астрономіи, опредѣлимъ форму и величину затмѣній. Положимъ, что Луна должна проходить почти по прямой линіи между Солнцемъ и Землею. Принимая Луну и Солнце за шары, можно вообразить прямой круглой конусъ, обертывающій сіи два свѣтила, который обозначитъ въ небѣ предѣлъ отбрасываемой Луною тѣни. Пока Земля будетъ находиться вся внѣ сего конуса тѣни, Солнце не будетъ затмѣнено; но когда часть Земли войдетъ въ сей конусъ, то сія часть будетъ лишена солнечнаго свѣта; для сей части Солнце затмится Луною; тогда будетъ какъ говорятъ *затмѣніе Солнца.* Если въ каждое мгновеніе затмѣнія, опредѣлить

Digitized by Google

относительное положеніе трехъ свѣтилъ и пересѣченіе поверхности Земли съ конусомъ, обертывающимъ Солнце и Луну, то сіи пересѣченія обозначатъ на Землѣ нѣкоторое пространство. Во всѣхъ мѣстахъ, находящихся въ семъ пространствѣ будетъ затмѣніе во все продолженіе онаго. Наконецъ если опредѣлить всѣ пересѣченія въ различныя мгновенія сего затмѣнія, то въ точкахъ находящихся внѣ сихъ различныхъ пересѣченій, совершенно не будетъ затмѣнія, а въ другихъ оно будетъ большее или меньшее время. Такимъ образомъ Геометрія опредѣляетъ всѣ обстоятельства затмѣнія Солнца. Она также съ равною легкостію опредѣляетъ обстоятельства затмѣнія Луны.

Если вообразить прямой круглый конусъ, обертывающій въ одно время поверхности Солнца и Земли, и когда Луна входитъ въ конусъ тѣни, отбрасываемой Землею, тогда будетъ затмѣніе Луны. Если же вся Луна войдетъ въ сей конусъ, тогда будетъ *полное затмѣніе* Луны; *затмѣніе будетъ частнымъ*, когда часть луны находится въ ономъ. Въ семъ послѣднемъ случаѣ, узнаютъ для каждаго мгновенія фигуру и величину зат-

Digitized by Google

мѣнія, опредѣляя пересѣченіе конусовъ, обертывающихъ Солнце и Землю съ поверхностію Луны.

Если, разсматривая какое либо тѣло проведемъ къ оному, какъ мы дѣлали въ отношеніи къ Солнцу, касающіяся лучи зрѣнія, то они означатъ на семъ тѣлѣ предѣлъ видимыхъ для насъ точекъ, что называется видимымъ обмѣромъ разсматриваемаго тѣла.

Въ живописи, на поверхности картины мы изображаемъ видимые обмѣры тѣлъ, то есть, пересѣченіе сей поверхности съ поверхностію конуса, коего всѣ ребра *касаются* сего тѣла, а вершина находится въ центрѣ нашего глаза. Познаніе конусовъ, обертывающихъ тѣла, весьма важно для приведенія точнѣйшимъ образомъ въ перспективу тѣлъ, которыя ограниченны не одними только прямыми линіями.

Когда свѣтящійся шаръ oab (фиг. 19), освѣщаетъ непрозрачный шаръ OAB, тогда можно вообразить конусъ, обертывающій въ одно время оба шара и обозначащій на шарѣ OAB совершенное отдѣленіе тѣни отъ свѣта. Потомъ можно представить другой конусъ mnTMN, находящійся между двумя

Digitized by Google

шарами. Пространство IMN, находящееся въ семъ конусѣ на освѣщенномъ шарѣ, будетъ освѣщено по всему шару; но въ каждой точкѣ пространства AMNB, видна только часть освѣщеннаго шара; и такъ есть частная тѣнь, которая называется *полутѣнью*. Когда съ точностію желаютъ оттѣнить тѣла, то должно вѣрно означить тѣни и полутѣни. До сего достигаютъ способомъ подобнымъ тому, который я только что описалъ.

Если двѣ поверхности aob и AOB, не имѣютъ никакого между собою сходства, то одинъ и тотъ же конусъ не можетъ въ одно время и обертывать ихъ и къ нимъ касаться. То будетъ развертывающаяся поверхность, которую можно построить, предполагая что плоскость остается касательною въ одно время къ двумъ поверхностямъ, и представитъ постепенно всѣ положенія согласныя съ симъ условіемъ. Въ каждомъ положеніи соединимъ прямою линіею тѣ двѣ точки, въ которыхъ плоскость касается двухъ поверхностей. Собраніе сихъ прямыхъ будетъ образовать развертывающуюся поверхность, которая отдѣлитъ тѣнь и свѣтъ

Digitized by Google

тѣней и полутѣней, смотря потому будетъ ли она находиться внѣ свѣтящагося и освѣщеннаго тѣла, или будетъ проходить между двумя тѣлами. Я весьма сожалѣю, что предѣлъ сего курса и первоначальныя разсужденія на которыхъ я долженъ ограничиться, позволяютъ мнѣ означить только сіи превосходныя свойства развертывающихся поверхностей.

При укрѣпленіи какого либо мѣста, должно стараться сдѣлать такимъ образомъ, чтобы изъ внѣ онаго на разстояніи пушечнаго выстрѣла не возможно было открывать валгангъ укрѣпленій, на которомъ находятся защищающіеся. Для сего принимаютъ *развертывающуюся поверхность*, которая касается гребня укрѣпленій и поверхностей окружающей мѣстности на пушечный выстрѣлъ. Сія развертывающая поверхность ни гдѣ не должна пересѣкать не только насыпей, за которыми находятся защищающіеся, но даже и поверхность находящуюся надъ землею на высоту обыкновеннаго роста человѣка. Когда условіе сіе исполнено, то говорятъ что внутренность укрѣпленія *дефиллирована*. Геометрическіе

Digitized by Google

способы употребляемые для достиженія сего вывода называются *способомъ дефиллированія.*

Искуства весьма часто употребляютъ обертывающіяся конусы для доставленія тѣламъ опредѣленныхъ формъ. Токарь, желая образовать тѣло по фигурѣ поверхности вращенія, беретъ весьма узкое орудіе, дабы сдѣлать нарѣзки, доходящія почти до сей поверхности. Потомъ онъ беретъ плоское, широкое долото, которое держитъ въ направленіи касательномъ къ обводу предполагаемой поверхности. Въ каждомъ изъ положеній плоское долото обрѣзываетъ конусъ. Собраніе образованныхъ такимъ образомъ конусовъ, дѣлая каждый разъ весьма малое уклоненіе отъ положенія и направленія инструмента, представляетъ рядъ коническихъ поясковъ повсюду касающихся къ поверхности вращенія, которая повсюду обертывается и наконецъ производится сими конусами.

Обручи бочекъ и мачтъ суть конусы, касающіяся поверхностей вращенія мачтъ и бочекъ.

Между различными способами начертанія поверхностей есть такіе, которые опре-

Digitized by Google

дѣляютъ большую или меньшую непрерывность въ томъ или другомъ смыслѣ, что содѣлываетъ ихъ болѣе или менѣе важными, смотря по требованіямъ, которымъ произведенія промышленности удовлетворять должны.

Разсмотримъ теперь обертывающія поверхности, которыя можно образовать чрезъ сгибаніе нѣкоторыхъ линій.

Вообразимъ, что негибкая нить представляетъ ось круглаго цилиндра, конуса, или какой другой поверхности вращенія. Положимъ, что на сей ниткѣ находятся центры шаровъ, обернутыхъ касательнымъ цилиндромъ, конусомъ, или какою другою поверхностію вращенія. Согнемъ потомъ нитку по какой нибудь кривой линіи, то обертывающая поверхность всѣхъ шаровъ будетъ уже ни цилиндръ, ни конусъ, ни какая другая поверхность вращенія, но поверхность составленная изъ ряда круговъ; изъ коихъ каждый будетъ общій одного изъ шаровъ и обертывающей поверхности.

Когда согнемъ ось цилиндра, то обертывающая поверхность образуется изъ ряда круговъ, равныхъ большему кругу равныхъ

Digitized by Google

шаровъ, которыя первоначально обертывались цилиндромъ. Плоскости всѣхъ сихъ круговъ перпендикулярны къ кривой, образованной сгибаніемъ оси, на которой находятся центры оныхъ.

Змѣинообразная труба куба есть сего рода обертывающая поверхность, происходящая: 1 отъ сгибанія оси цилиндра по обводу цилиндрической спирали, 2 чрезъ обертываніе находящихся на сей оси равныхъ шаровъ.

Круглыя лѣстницы съ круглымъ сводомъ, который есть равнымъ образомъ поверхность обертывающая равные шары, коихъ центры находятся на обводѣ спирали, имѣющей поворотъ равный повороту лѣстницы.

Каждый оборотъ веревки состоящей изъ трехъ простыхъ прядей, равнымъ образомъ обертываетъ пространство, пробѣгаемое шаромъ, коего центръ идетъ по спирали, проведенной по срединѣ пряди.

Есть гусиницы и другія пресмыкающія, которыя состоя изъ короткихъ цилиндрическихъ колецъ, могутъ по произволенію своему вытягиваться и сжиматься. Когда сіи животныя сгибаются или вытягиваются,

Digitized by Google

то кожа ихъ представляетъ поверхность, измѣняемую въ формахъ своихъ, но которая всегда представляетъ фигуру поверхностей, которыхъ строеніе мы теперь означимъ.

Если согнемъ на подобіе круга ось прямаго круглаго цилиндра, то оный обратится въ поверхность вращенія, и будетъ колцеобразною, которая описана нами въ XI главѣ.

Поверхности обертывающія шары равныхъ радіусовъ, имѣютъ то свойство, что въ какой бы части не разсѣкли ихъ плоскостію перпендикулярною къ линіи, образуемой центрами шаровъ, то: 1. плоскость будетъ повсюду перпендикулярна къ самой обертывающей поверхности, 2. сѣченіе будетъ повсюду постоянно, поелику оно есть большій кругъ равныхъ шаровъ. (*)

(*) Безъ чувствительной для нашихъ чувствъ погрѣшности можно предположить, что кривая на коей находятся центры шаровъ есть многоугольникъ имѣющій чрезвычайно малые бока. Тогда обертывающаяся поверхность будетъ состоять изъ ряда зонъ, или цилиндрическихъ поясовъ, касающихся къ обернутымъ шарамъ въ кругахъ. Собраніе круговъ прикосновенія образуетъ обертывающую по-

Digitized by Google

Если требуется провести воду чрезъ трубу, имѣющую сѣченіями круги, то для равномѣрнаго движенія воды, труба сія по всему протяженію ея должна имѣть совершенно равныя сѣченія, дабы вода въ оной не спиралась. Итакъ, должно чтобы поверхность трубы обертывала равныхъ радіусовъ шары.

Также должно, чтобъ всякаго другаго рода трубы, опредѣленныя для обращенія воды, имѣли сѣченіемъ кривую или многоугольникъ повсюду одинаковой площади. Равнымъ образомъ для большей правильности и удобности дѣйствій, должно чтобы сѣченія сіи, повсюду сохраняли одну и ту же фигуру, исключая тѣ только мѣста, гдѣ особенныя препятствія сего сдѣлать не позволяютъ.

Говоря о центрѣ тяжести во второмъ томѣ (о машинахъ) мы дадимъ легкія средства опредѣлять объемъ тѣлъ и пространствъ ограниченныхъ *поверхностями проводныхъ трубъ*, нами теперь опредѣленныхъ. Мы предложимъ для сего случая способъ,

---

верхность, каково бы ни было число боковъ многоугольника и даже когда сей многоугольникъ содѣлается непрерывною кривою.

Digitized by Google

сколь простой столь и удобной, весьма точный и представляющій въ художествахъ множество приложеній.

Кузнецъ, свинечникъ, стекольщикъ фаянсчикъ, котельщикъ, дѣлаютъ многія произведенія промышленности, имѣющія форму поверхностей трубъ. Они производятъ призмы или цилиндры сплошные или пустые, которые сгибаютъ извѣстнымъ образомъ. Все ихъ искуство въ семъ случаѣ состоитъ въ томъ, чтобъ тѣла которыя они такимъ образомъ сгибаютъ, имѣли повсюду постоянную форму, которую должно сохранять поперечное сѣченіе.

Пукли, кольца, обручи, и проч. штопоры, спиральныя пружины, криволинейныя трубы, сифоны, барометрическія трубки, кровяныя жилы человѣка, суть примѣры разсматриваемыхъ нами поверхностей.

Говоря о пересѣченіи поверхностей мы упомянули, что поверхности двойной кривизны можно представить помощію рода колецъ или полосъ цилиндрическихъ или коническихъ какъ отрѣзки колоннъ; но способъ сей нейдетъ для поверхностей проводныхъ трубъ, по неимѣнію непрерывности по про-

Digitized by Google

дольному направленію и по неравенству поперечныхъ сѣченій.

Есть такіе жестяники и котельщики, которые выдѣлываютъ металлическіе листы со всѣмъ инымъ образомъ, они умѣютъ давать имъ двойную кривизну, сохраняя правильное и постоянное ихъ сѣченіе во всѣхъ частяхъ.

Инженеры для начертанія кривыхъ частей каналовъ, даютъ превосходные геометрическіе способы, имѣющіе предметомъ опредѣленіе постоянныхъ формъ сѣченій и положенія плоскости онаго повсюду перпендикулярною къ поверхности канала.

Вмѣсто предположенія, что поверхность постоянной величины пробѣгаетъ извѣстное пространство, которое требуется обернуть, положимъ, что движущаяся поверхность перемѣняетъ величину свою не измѣняясь въ формѣ фигуры.

Простѣйшій нами уже разсмотрѣнный случай (фиг. 16), будетъ тотъ, когда шаръ измѣняетъ постепенно свой радіусъ, между тѣмъ какъ центръ онаго пробѣгаетъ прямую линію. Мы знаемъ, что обертка будетъ поверхность вращенія. Каждый шаръ касается и обернутъ сею поверхностію вращенія

Digitized by Google

по кругу; круги сіи между собою параллельны и собраніе оныхъ образуетъ самую поверхность вращенія.

Теперь положимъ, что на оси поверхности вращенія находятся центры сихъ шаровъ. Согнемъ сію ось по какой нибудь кривой линіи, то новая обертка всѣхъ шаровъ будетъ измѣняться въ величинѣ своей по измѣненію самыхъ шаровъ, но она будетъ касаться и обертывать шары всегда въ кругахъ.

Природа представляетъ намъ множество сего рода поверхностей.

Когда змѣя держится прямо, то представляетъ поверхность вращенія весьма близко подходящую къ вытянутому конусу. Она сгибается и вытягивается на тысячи манеровъ; поверхность кожи ея безпрестанно перемѣняетъ фигуру свою, но всегда образуетъ поверхность обертывающую рядъ шаровъ, которыя можно вообразить касающимися оной.

Художества переняли фигуру змѣи излучисто согнутой для музыкальныхъ инструментовъ, носящихъ названіе змѣи (фиг. 17), тромпеты (фиг. 18), охотничьяго рожка (фиг. 21), для штопоровъ, буравовъ, и проч.

Digitized by Google

Если предположимъ, что змѣя согнулась спиралью, имѣя центромъ хвостъ свой (фиг. 20), то она образуетъ поверхность, подобную поверхности многихъ раковинъ.

Рога, почти всѣхъ животныхъ въ концѣ своемъ имѣютъ форму, разсматриваемаго нами рода поверхностей, (фиг. 22).

Искуства переняли сію фигуру роговъ животныхъ, для устроенія большаго числа музыкальныхъ инструментовъ. Рожки легкихъ войскъ, суть поверхности сего рода. Слуховая труба принадлежатъ также къ сему роду поверхностей.

Для произведенія духовыхъ инструментовъ, которыхъ звуки соединяютъ пріятность съ правильностію, кривая поверхность ихъ должна имѣть величайшую непрерывность; слѣдовательно весьма необходимо для выдѣлки оныхъ выбирать средства, сохраняющія сію непрерывность по продольному направленію, по которому воздухъ входитъ въ инструментъ и по поперечному направленію, гдѣ сѣченіе повсюду должно оставаться круглымъ.

Различныя средства, данныя нами для построенія различнаго рода поверхностей, по-

Digitized by Google

служать для сужденія о способахъ употребляемыхъ мастерами духовыхъ инструментовъ, и часто для замѣненія сихъ другими болѣе точнѣйшими способами.

Полировка, и проч. Въ художествахъ, недостаточно достигать замысловатыми способами точности формъ болѣе или менѣе удовлетворительныхъ. Для пріятности вида поверхностямъ такимъ образомъ произведеннымъ должно доставлять непрерывность, гладкость, которыхъ правильность, блескъ, кажется даютъ новую цѣну произведеніямъ промышленности. Посему окончательное дѣйствіе многихъ художествъ состоитъ въ полированіи, наведеніи глянца, и проч. Дѣйствія сіи производятся чрезъ движеніе въ которомъ полирующее тѣло описываетъ поверхности *касательныя* къ полируемому тѣлу, такъ что сіе послѣднее есть окончательная *обертка* пространствъ, пробѣгаемыхъ первымъ.

Пусть требуется выполировать стволъ ружья? Возмите кусокъ плоскаго, хорошо выструганнаго дерева и положите его касательно къ усѣченному конусу, образующемуся внѣшностію оружія, проводите по напра-

Digitized by Google

вленію одного ребра конуса; пространство такимъ образомъ пройденное будетъ плоскость касательная къ конусу. Повторяя дѣйствіе сіе для всѣхъ реберъ конуса, оный будетъ какъ будто обертывать всѣ касательныя плоскости и оружіе выполируется.

Для полированія шара, можно двигать его въ цилиндрѣ взадъ и впередъ, перемѣняя по очереди положенія его. Можно положить его на токарный станокъ, коего ось будетъ проходить чрезъ центръ шара, потомъ обращать его около шлифовальной доски, которую постепенно утверждать въ различныхъ положеніяхъ, касательныхъ къ сей поверхности. Шаръ можно также выполировать помощію конуса, его обертывающаго.

Стекла полируютъ треніемъ о поверхности, которыхъ касательная плоскость во всѣхъ ихъ положеніяхъ, есть та плоскость, которую полируемая сторона имѣть должна. Надлежало бы сказать о всѣхъ стеклахъ плоскихъ или сферическихъ, которыя Оптики употребляютъ въ своихъ инструментахъ.

Когда корабельный мастеровой *стругаетъ* скоблемъ стѣнки корабля, то каждымъ движеніемъ сего инструмента онъ сдираетъ

Digitized by Google

лишнюю часть дерева по фигурѣ поверхности вращенія, касательной къ *стругаемой* поверхности, то есть, полируемой части корабля. Сія поверхность корабля первоначально обертываетъ поверхности вращенія, производимыя дѣйствіемъ скобля.

Хотя изложенное выше изъясненіе и весьма кратко, но однако достаточно, чтобъ показать художникамъ, сколь ученіе геометрическихъ формъ обильно приложеніями непосредственными, многообразными и важными для многихъ художествъ. Одно только невниманіе наше къ фигурамъ произведеній природы и промышленности причиною, что мы не примѣчаемъ въ сихъ фигурахъ геометрическихъ формъ, свойствъ отъ сего произходящихъ и средствъ черченія, производства, которыя доставляютъ намъ сіи отличительныя свойства.

Коль скоро вниманіе художника будетъ достаточно устремлено на пользу, извлекаемую изъ наблюденія формъ тѣлъ, то онъ будетъ оному охотно и постоянно учиться. Онъ будетъ разсматривать произведенія промышленности подобно натуралисту, созерцающему Природу съ тѣмъ внимательнымъ

Digitized by Google

и прозорливымъ окомъ, который въ каждомъ новомъ предметѣ находитъ сходства съ породами, родами, которые онъ хорошо знаетъ и различія, которыя служатъ ему для опредѣленія видовъ, измѣненій, не раздѣльностей. Ученіе сіе уже не будетъ однимъ только предметомъ любопытства, оно подастъ для усовершенствованія способовъ промышленности весьма важныя слѣдствія, которыя мы осмѣливаемся предсказать.

Но до совершеннаго улучшенія въ художествахъ можно достигнуть только чрезъ постоянное упражненіе строгими способами въ геометрическомъ рисованіи. Художникъ долженъ тщательно учиться средствомъ черченія, доставляемымъ Начертательною Геометріею; она представитъ имъ въ одно время и доказательства тѣмъ полезнымъ свойствамъ, которыя я здѣсь могъ только просто изъяснить. Будемъ безпрестанно припоминать себѣ, что до тѣхъ поръ промышленность наша будетъ оставаться въ дѣтствѣ, пока линейное рисованіе и Начертательная Геометрія не сдѣлается въ нашихъ мастерскихъ и фабрикахъ всеобщими необходимыми познаніями.

Digitized by Google

ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ.

О кривизнѣ линій и поверхностей.

Представимъ себѣ, что мы идемъ по кривой, смотря всегда касательно къ оной въ каждой точкѣ нашего нахожденія. Недостаточно будетъ итти только прямо впередъ, но должно еще безпрестанно поворачиваться по входящей части кривой линіи. *Кривизна сей линіи пропорціональна количеству таковаго обращенія, раздѣленному на каждое малое пробѣгаемое пространство.*

Если надобно на кругѣ пробѣгать равныя дуги, то должно поворачиваться на равныя количества; *итакъ кривизна круга во всѣхъ частяхъ одинакова.*

Если итти постепенно по двумъ не равнымъ кругамъ (фиг. 1), имѣющихъ радіусами R и r, то $3,14 \ldots\ldots \times 2R$ будетъ окружность большаго круга, а $3,14 \ldots\ldots \times 2r$ окружность меньшаго. Но если пройдемъ цѣлый кругъ по его окружности, то обращеніе будетъ въ 360°, слѣдовательно кривизны C и c двухъ круговъ будутъ относиться какъ

Digitized by Google

$$\frac{360^\circ}{3{,}14\ldots\ldots \times 2R} : \frac{360^\circ}{3{,}14\ldots\ldots \times 2r} \text{ или } :: \frac{1}{R} : \frac{1}{r}.$$

Итакъ (фиг. 1), обводъ меньшаго круга имѣетъ большую кривизну нежели обводъ большаго круга, въ обратномъ отношеніи ихъ радіусовъ. Слѣдовательно *кривизны круговъ находятся въ обратномъ отношеніи величинъ ихъ радіусовъ.* Вотъ почему при безконечно большомъ радіусѣ кривизна круга кажется почти ничтожною.

Приложеніе къ кривизнѣ земли. Поелику радіусъ земли болѣе восьми милліоновъ аршинъ, то большой кругъ оной имѣетъ *въ милліонъ разъ меньшую кривизну* противу круга, коего радіусъ въ восемъ аршинъ и въ восемъ милліоновъ разъ имѣетъ меньшую кривизну противу круга колеса повозки. Посему то кривизну земли на малыхъ разстояніяхъ мы не можемъ примѣтить, какъ только по поверхности моря или на весьма пространныхъ равнинахъ.

Познаніе кривизны земли служитъ для измѣренія по приближенію высотъ горъ и морскихъ береговъ, когда извѣстно разстояніе сихъ мѣстъ до точки, въ которой мы находимся.

Digitized by Google

Пусть AB будетъ радіусъ земли (фиг. 2) а CD гора, которой вершина D начинаетъ изчезать для глазъ путешественника, идущаго отъ D къ B. Если бы знали разстояніе BC, то проведя радіусъ ACD, можно тотчасъ измѣрить CD. Когда уголъ BAC весьма малъ, то дуга BC, болѣе приближается къ перпендикуляру, опущенному изъ точки B на AD. Посему весьма близко будемъ имѣть: AB : BC=BC : CD, то есть, радіусъ земли относится такъ къ разстоянію BC горы до точки, гдѣ находится наблюдатель, какъ сіе разстояніе къ высотѣ CD горы. Посему $CD=\frac{BC^2}{AB}$.

Моряки, обратнымъ способомъ по извѣстной высотѣ CD мачты, или какой другой части корабля, заключаютъ о разстояніи BC мѣстъ до ихъ корабля, что въ военное время бываетъ часто весьма важно.

Показавъ что радіусъ круга даетъ мѣры кривизны его, покажемъ теперь что онъ равнымъ образомъ служитъ для измѣренія кривизны всѣхъ кривыхъ линій.

Средство опредѣлять прямою линіею мѣру кривизны кривыхъ линій есть одно изъ

Digitized by Google

удачнѣйшихъ примѣненій Геометріи. Подобное средство чрезвычайно упрощаетъ дѣйствія, относительныя къ сей кривизнѣ.

Пусть будетъ какая нибудь кривая AA′A″Z (фиг. 3), которой кривизну опредѣлить требуется. Для сего возмемъ три ближайшія послѣдовательныя точки оной A,A′,A,″ около которыхъ опишемъ кругъ ABC, то оный будетъ имѣть ту же кривизну, что и кривая AZ въ весьма малой дугѣ AA′A.″ Тоже самое можно сдѣлать и для всѣхъ прочихъ точекъ; такимъ образомъ опредѣлимъ круги, имѣющіе одинакія кривизны съ частями кривой въ различныхъ точкахъ оной, а также и радіусы сихъ круговъ.

Кругъ ABC, который въ точкѣ A имѣетъ одинакую съ кривою AZ кривизну, называется кругомъ развертыванія сей кривой; радіусъ AO, сего круга именуется *радіусомъ кривизны*, наконецъ центръ сего круга есть *центръ кривизны*.

Поелику радіусъ въ точкѣ A, перпендикуляренъ къ обводу круга, а обводы круга и кривой въ точкахъ A, A′ и A″ одинаковы, то слѣдуетъ, что радіусъ кривизны есть

Digitized by Google

перпендикуляръ или *нормалъ* къ кривой, которой онъ измѣряетъ кривизну.

Положимъ, что изъ различныхъ точекъ A, A,′ A″ (фиг. 4), одна къ другой весьма близкихъ, проведены къ кривой перпендикуляры или нормалы и взяты: длина AO радіуса кривизны въ точкѣ A; длина AO′ радіуса кривизны въ точкѣ A′; длина AO″ радіуса кривизны въ A,″ и проч. Поелику точки A, A′, находятся на кругѣ, коего центръ есть O, то OA=OA′, по той же причинѣ O′OA =O′A,″ O″O′A=O″A,‴ .....

Прикрѣпимъ къ точкѣ A., конецъ не истягучей нити и натянемъ ее по AO и обводу точекъ O,O,′O,″ ....., кои суть центры кривизны кривой AZ. Заставимъ потомъ точку A двигаться, держа всегда нитку натянутою, но чтобы она не могла скользить по длинѣ OO′O″....., то часть AO нитки, опишетъ малую дугу круга AA′, которая вся будетъ находиться на кривой AZ, поелику центръ оной O, есть центръ кривизны кривой AZ, выходящей изъ точки A.

Достигнувъ точки A′, нитка выпрямится по прямой отъ точки A′ до O′. Когда точка A, продолжая движеніе свое перейдетъ

Digitized by Google

изъ A въ A'', то нитка выпрямится въ прямой линіи до O' и опишетъ дугу A'A'' круга, коей центръ есть O'. Такимъ же образомъ сія точка A, переходя изъ A'' въ A,''' опишетъ дугу кругу A'' A,''' имѣющую центромъ O,'' и проч.

Итакъ, когда извѣстенъ рядъ весьма близкихъ точекъ O,O,'O'', ... , кои суть центры кривизны линіи AZ, то гибкою, но нетягучею нитью можно весьма легко очертить кривую AZ. Средство сіе будетъ тѣмъ строже, чѣмъ меньшія разстоянія будутъ имѣть между собою центры O,O,'O,'' . . . . . Оно будетъ даже совершеннымъ, если центры сіи будутъ одинъ за другимъ слѣдовать непрерывно и составятъ непрерывную кривую линію.

Если даже употребить приближенный способъ показаннаго нами средства, то кривую AZ, можно изобразить съ величайшею точностію и непрерывностію, замѣнивъ оную хордами или касательными къ сей кривой. Новымъ строеніемъ всѣ дуги круга вставленныя въ кривой AZ будутъ съ оною совпадать; углы будутъ только въ вершинахъ

Digitized by Google

многоугольниковъ, но не въ прямыхъ сторонахъ замѣняющихъ кривыя части.

Итакъ, коль скоро непрерывность кривизны составляетъ величайшую важность, то должно употребить новый способъ производить приближенную форму кривой линіи, которую совершенно очертить невозможно.

Мы видѣли, что нитка AOO'O'' ....., выпрямляется, когда оконечность точки A, описываетъ кривую AZ. Если разсмотримъ кривую OPQ ..... X, которую пробѣгаетъ точка, первоначально означенная на сей ниткѣ, то увидимъ, что XO^m равна длинѣ части нитки, первоначально согнутой по O O'O''.... $O.^m$

Кривая OPQ ..... X называется развертывающеюся; она служитъ для развертыванія кривой OO'O'' .... $O,^m$ которая такимъ образомъ развертывается, что длина оной повсюду равна радіусу кривизны OO', PO'', QO,''' ..... $XO,^m$ кривой OPQ .... X.

Употребленіе развертывающихся кривыхъ въ художествахъ весьма обширно, особенно же *развертывающихся круга* (фиг. 5). Механикъ употребляетъ ихъ для опредѣленія точной фигуры *кулаковъ*.

Digitized by Google

Положимъ что пестъ AB (фиг. 6, 7 и 8), долженъ двигаться въ пазу вверхъ и внизъ по опредѣленной вертикальной прямой линіи. Для сего утверждаютъ цилиндрическій горизонтальный валъ C, касающійся выдающейся бородки DE, коей низъ находится въ прямой линіи съ центромъ вала, когда пестъ будетъ опущенъ на самую низкую точку (фиг. 6).

На обводѣ вала утверждаютъ дугу OPQR, развертывающагося обвода OO'O''O''' круга, служащаго основаніемъ вала.

Когда валъ сей обернется, то точка O', придетъ сначала въ положеніе, которое занимала точка O; тогда касательная O'P круга, содѣлается вертикальною (фиг. 7). Слѣдовательно бородка ED, увлѣкая съ собою пестъ, поднимаетъ его на высоту O'P. Валъ продолжая двигаться содѣлаетъ что точка O'' придетъ въ O, тогда бородка и пестъ поднимутся на высоту OQ. Наконецъ, при движеніи вала точка O''' приметъ первоначальное положеніе точки O (фиг. 8), а O'''R содѣлается вертикальною; бородка не находя болѣе ничего, чтобы ее удерживало, перестанетъ противиться паденію песта, который отъ дѣйствія своей тяжести упа-

Digitized by Google

детъ внизъ и останется въ покоѣ до тѣхъ поръ пока кулакъ окончивъ оборотъ съ валомъ, снова начнетъ поднимать его.

Движеніе сіе имѣетъ ту большую выгоду, что производится безъ качанія, и, какъ вы увидите въ Механикѣ безъ всякой потери силы.

Въ XIII главѣ мы разсматривали весьма важную кривую линію, называемую *эллипсисомъ*. Сія кривая ABC (фиг. 9), будучи симметрическою въ отношеніи оси своей, имѣетъ свою развертывающую также симметрическую въ отношеніи той же оси. Наибольшая кривизна эллипсиса находится у оконечностей его большой оси, а наименшая у оконечностей его малой оси.

Если нужно построить большой эллипсисъ (фиг. 9) съ точнѣйшею непрерывностію, то можно очертить развертывающуюся DEF и описать кривую ABC, помощію нитки или снура, сгибаемаго, то по DE, то по EF.

Также весьма важно замѣтить, что если берутъ для DEF многоугольникъ, то есть рядъ линій образующихъ углы, однако кривая ABC нигдѣ не будетъ образовать ни прямолинейныхъ частей, ни угловъ; слѣдовательно,

Digitized by Google

она будетъ имѣть два начальныя основанія непрерывности, которыхъ не имѣетъ DEF. И такъ кривая ABC будетъ развертывающаяся и будетъ имѣть еще большую непрерывность, поелику ея радіусы кривизны увеличатся или уменьшатся по не чувствительнымъ степенямъ, даже когда радіусы кривизны послѣдуютъ безъ непрерывности, какъ при построеніи кривой, называемой *полувальною кривизною*. Смотри IV главу фиг. 36.

Теперь вы узнали различныя роды не прерывности, которыя въ понятіяхъ нашихъ должно разположить по степенямъ на классы.

1. Можно представить кривую (фиг. 10), рядомъ отдѣльныхъ точекъ, одна къ другой весьма близкихъ. Таковы суть пунктирныя линіи въ рисованіи, таковы суть направленія, означенныя рядами деревъ, насажденныхъ одно отъ другаго въ большихъ или меньшихъ разстояніяхъ, по прямымъ или кривымъ линіямъ, которыя глазъ легко вообразить можетъ, когда сіи кривыя имѣютъ какую либо не прерывность. Однако, здѣсь непрерывность означается одними лишь точками, подобно тому какъ дѣлается числами въ смѣтахъ,

Digitized by Google

означающихъ для каждой кривой положенія извѣстнаго числа точекъ. Смѣты подводной части кораблей представляютъ оному примѣръ.

2. Кривую можно представить рядомъ прямыхъ линій AA′, A′A″, A″A‴, ... (фиг. 11), кои суть хорды оной, или касательныя, AA′A″. . . . . (фиг. 12). Сей второй способъ представляетъ непрерывность только въ послѣдованіи точекъ но не по направленію, поелику въ каждой изъ вершинъ A′, A″, A‴. . . . . многоугольника, оно незапно перемѣняется.

3. Кривую можно замѣнить рядомъ дугъ круга AA′, A′A″, A″A‴, ... (фиг. 4), имѣющихъ почти одинакія радіусы кривизны съ кривою, которую онѣ изображаютъ; тогда непрерывность будетъ находиться и въ послѣдованіи точекъ и въ ихъ направленіи. Если дуги весьма малы, то непрерывность будетъ также въ направленіи и кривизнѣ кривой. По сему то основанію Архитекторы чертятъ, какъ мы сказали, профили пологихъ сводовъ; равнымъ образомъ и Инженеры, основываясь на семъ вычерчиваютъ не круглыя арки мостовъ.

Digitized by Google

Художества, смотря по важности ихъ дѣйствій и степени точности, отъ которыхъ зависитъ успѣхъ дѣйствій; имѣютъ надобность въ употребленіи различныхъ степеней непрерывности. Хозяева мастерскихъ и фабрикъ должны выбирать смотря по надобности, который изъ способовъ лучше соединяетъ выгоды простоты, легкости и удовлетворительной точности.

Строители кораблей употребляютъ механическое средство, которое не худо изъяснить. Когда они желаютъ дать большую непрерывность направленію и кривизнѣ линій, помощію которыхъ опредѣляютъ и строятъ форму подводной части кораблей, то означаютъ отдѣльныя точки, чрезъ кои должна проходить кривая линія; потомъ по обѣимъ сторонамъ сихъ точекъ вбиваютъ гвозди на таковомъ разстояніи, что тонкая дощечка можетъ быть согнута и положена между каждыми двумя гвоздями. Наконецъ карандашемъ по длинѣ согнутой дощечки очерчиваютъ кривую, которая пройдетъ чрезъ всѣ точки A,A′,A″, ... (фиг. 13). При таковомъ дѣйствіи должно имѣть большой навыкъ, дабы кривизна линіи была произведена

Digitized by Google

отъ одного конца до другаго, по не чувствительнымъ степенямъ и представлять такую непрерывность, которая бы способствовала къ уменьшенію сопротивленія воды, скользящей по подводной части корабля при движеніи его. Строители кораблей найдутъ въ семъ отношеніи величайшую выгоду въ изученіи геометрическихъ формъ. Ученіе сіе скоро и вѣрно исправитъ ихъ глазамѣръ.

Средство, приличествующее начертаніямъ производимымъ въ большемъ видѣ, не можетъ быть употреблено въ малыхъ рисункахъ, дѣлаемыхъ на листахъ бумаги. Тогда замѣняютъ большія деревянныя линейки, малыми линеичками изъ китоваго уса; первыя, повсюду равной толстоты, служатъ для начертанія кривыхъ линій, коихъ кривизна измѣняется только на весьма малое количество; другія, утоняемыя постепенно къ одному только концу, или къ обоимъ концамъ, служатъ для начертанія частей кривой, которой кривизна также уменьшается постепенно отъ одного конца къ другому. Сіи китовые усы сгибаютъ такимъ образомъ, что обводъ ихъ проходитъ чрезъ всѣ точки, означенныя на плоскости, какъ принадлежа-

Digitized by Google

щія къ кривой, которую начертить желаютъ, и которую очерчиваютъ карандашемъ, прилегающимъ къ сей кривой. Свинцовыя плиточки P,P′,P″, ... (фиг. 14), кладущіяся на бумагу или на ткань и вырѣзанныя для удобности трехугольными, замѣняютъ на бумагѣ вышепомянутые гвозди.

Дабы кривыя проходили чрезъ данныя точки, то рисовальщики часто употребляютъ инструментъ ABCDE (фиг. 15), называемый *Лекаломъ*. Фигура его имѣетъ обводомъ собраніе различнаго рода кравыхъ линій, такъ что какія бы точки даны ни были, то всегда между кривизнами его найдутся такія, которыя съ совершенною непрерывностію проходятъ чрезъ оныя, не дѣлая между собою никакихъ угловъ и ломанныхъ линій.

До сихъ поръ мы говорили только о кривизнѣ линій начерченныхъ на плоскости, таковы суть *линіи*, которымъ даютъ называніе *простой кривизны*. Но есть такія кривыя линіи, которыхъ на плоскости начертить не возможно, поелику онѣ вмѣсто одной кривизны имѣютъ двѣ, таковы суть спирали начерчиваемыя на цилиндрѣ, конусѣ, и проч.

Digitized by Google

При двоякихъ кривыхъ линіяхъ, подобно какъ при линіяхъ одной кривизны, можно чрезъ каждыя три послѣдовательныя точки на кривой взятыя, представить проходящій кругъ. Кругъ сей будетъ содержать въ себѣ радіусъ развертыванія кривой, въ весьма маломъ пространствѣ, заключающемся между тремя точками кривой; плоскость сего круга именуется *плоскостью развертыванія*. Ни какой другой кругъ, проходя чрезъ чрезвычайно малую часть, не можетъ болѣе онаго приближаться къ двоякой кривой линіи. Помощію плоскостей и круговъ развертыванія въ художествахъ можно рядомъ дугъ круга, которыя касательно соединяются, чертить по приближенію весьма непрерывнымъ способомъ всѣ роды двоякой кривизны кривыхъ линій.

Надлежало бы упомянуть, говоря о кривизнѣ сихъ линій множество превосходныхъ и важныхъ разсужденій, но такъ какъ они не принадлежатъ къ первоначальнымъ понятіямъ и приложенія оныхъ къ обыкновеннымъ работамъ промышленности не имѣетъ столь непосредственнаго и частаго употре-

Digitized by Google

бленія, то они и не могутъ найти здѣсь приличнаго имъ мѣста.

Употребленіе кривизны поверхностей напротивъ весьма обширно и важно въ работахъ промышленности.

Кривизна шара. Шаръ есть поверхность, котораго кривизну весьма легко можно изслѣдовать, равно какъ и измѣрить. Возмемъ на шарѣ какую нибудь точку А (фиг. 16) и соединимъ оную съ центромъ О, радіусомъ АО. Сей радіусъ будетъ измѣрять въ точкѣ А, кривизну всѣхъ сѣченій, сдѣланныхъ въ шарѣ плоскостію проходящею чрезъ радіусъ АО. Онъ будетъ измѣрять также и самую кривизну шара, которая какъ видно постоянна по всѣмъ направленіямъ и во всѣхъ точкахъ поверхности. Итакъ, *радіусъ шара есть въ то же время и радіусъ его кривизны, и тѣхъ сѣченій которыя сдѣланы въ шарѣ, плоскостію, проходящею чрезъ сей радіусъ.*

Прямой круглой цилиндръ, разсматриваемый въ отношеніи его основанія, имѣетъ радіусомъ кривизны, радіусъ шара, который онъ обертываетъ, и къ которому онъ касается по обводу основанія. Но разсматри-

Digitized by Google

вая его въ отношеніи ребра AB (фиг. 17), онъ во вся не имѣетъ кривизны, и если спросили бы какой длины долженъ быть радіусъ круга развертыванія цилиндра въ отношеніи ребра его, то увидимъ что сей радіусъ долженъ быть безконеченъ.

Тоже самое относится и къ прямому круглому конусу. Въ отношеніи основанія своего онъ имѣетъ радіусомъ кривизны, радіусъ шара, который онъ обертываетъ; въ отношеніи къ ребру, кривизна конуса *есть нуль*.

Другіе роды цилиндровъ, конусовъ и вообще развертывающихся поверхностей въ разсужденіи ихъ прямолинейныхъ реберъ не имѣютъ кривизны, между тѣмъ какъ они имѣютъ оную въ большей или меньшей степени по направленію перпендикулярному къ симъ ребрамъ.

Должно замѣтить, что въ цилиндрахъ и конусахъ, сѣченія сдѣланныя по радіусу AO основанія (фиг. 17 и 18), имѣютъ всегда центръ кривизны внутри поверхности. Итакъ, по всему протяженію одного и того же ребра AA′A″. . . . . B, коническихъ и цилиндрическихъ поверхностей, радіусы кривизны AO,

Digitized by Google

A'O', A''O''. . . . . , располагаются по одному параллельному направленію.

Но въ косыхъ поверхностяхъ уже сего не будетъ. Если напримѣръ разсмотримъ косую поверхность лѣстницы, то увидимъ, что по одному направленію кривизна склоняетъ вогнутость свою къ низу, а къ верьху по другому перпендикулярному.

Выемка на обводѣ блоковаго колеса (фиг. 19), имѣетъ наименьшую кривизну по направленію перпендикулярному къ оси колеса, а центръ наименьшей кривизны находится на сей оси; между тѣмъ какъ по направленію параллельному оси, имѣетъ центръ наибольшей кривизны въ точкѣ n, равноотстоящей отъ точекъ m и p, краевъ выемки.

Вотъ три класса поверхностей, весьма различныхъ въ отношеніи кривизны ихъ.

Въ первомъ классѣ, кривизны линій, которыя можно начертить на каждой поверхности разположены одинаково; классъ сей заключаетъ въ себѣ шаръ, эллипсоидъ, поверхность яйца, куколки шелковичнаго червя, и проч.

Во второмъ классѣ, кривизны находятся только по одному направленію, а по друго-

Digitized by Google

му онѣ суть нуль. Классъ сей заключаетъ въ себѣ развертывающіяся поверхности, цилиндры, конусы, и проч.

Наконецъ въ третьемъ классѣ, одна часть кривизны разположена по одному направленію, а другая по противуположному, такимъ образомъ, что проведя чрезъ данную точку поверхности нормалъ къ сей поверхности, частъ центровъ кривизны сѣченій будетъ находиться на семъ нормалѣ съ одной стороны поверхности, а другая часть будетъ на другой сторонѣ.

Разнообразная поверхность человѣческаго тѣла представляетъ сіи три класса поверхностей. Итакъ къ первому классу должно отнести формы выдающихся частей, какъ то: пяты, коленной чашки, колена, плеча, концевъ пальцевъ, всѣ сіи части имѣютъ двѣ кривизны одинаково расположенныя.

Часть лядвеенъ и рукъ, имѣютъ кривизну по одному направленію и относятся ко второму классу.

Наконецъ мы находимъ третій классъ поверхностей, то есть, такихъ, которыя имѣютъ двѣ кривизны, разположенныя въ противоположныхъ направленіяхъ во всѣхъ су-

Digitized by Google

ставахъ рукъ, пальцевъ, подмышекъ, и проч. при соединеніи головы и туловища съ шеею, и проч.

Между сими общими формами, опытный глазъ ваятеля и живописца открываетъ множество измѣненій въ послѣдованіи, въ степени кривизны каждой части тѣла. Далѣе различая сіи измѣненія съ возможною большею вѣрностію они достигаютъ до образцовыхъ произведеній, которыхъ истинное изображеніе раждаетъ удивленіе знатоковъ, а въ противномъ случаѣ произведенія ихъ будутъ такъ сказать черновыя, которыхъ грубость отталкиваетъ взоры просвѣщеннаго наблюдателя.

Кривизна различныхъ частей поверхности нашего тѣла весьма много зависитъ отъ формы покрытыхъ кожею костей и жилъ. Итакъ, искусный живописецъ долженъ всегда повѣрять формы, которыя онъ изобразить желаетъ, стараясь чтобы сіе изображеніе открывало скрытыя формы, видимыхъ внутреннихъ частей.

Весьма важная погрѣшность въ твореніи многихъ художниковъ состоитъ въ томъ, что они дѣлаютъ нѣкоторыя части поверхности

Digitized by Google

нашего тѣла весьма выдающимися, весьма изогнутыми, весьма выпуклыми, дабы тѣмъ гораздо явственнѣе означить анатомическія формы, тогда какъ онѣ должны избѣгать отъ взоровъ. Таковая принужденность есть только шарлатанство, недостойное дарованій великаго художника.

Поверхность нашего лица имѣетъ превосходную движимость, весьма много зависящую отъ нашихъ внутреннихъ страстей минутныхъ или постоянныхъ. Постоянныя страсти даютъ кривизнѣ подвижныхъ частей и даже неподвижныхъ, долговременныя формы, наблюденіе которыхъ заставляетъ познавать ихъ въ наименьшихъ измѣненіяхъ. Таковы суть свойства физіогномій. Непродолжительныя страсти даютъ чертамъ лица нашего перемѣны формъ болѣе или менѣе сильныя, болѣе или менѣе измѣняемыя, которыхъ познаніе весьма важно въ изящныхъ художествахъ; оно показываетъ безконечныя измѣненія, изъ которыхъ человѣкъ съ большими способностями будетъ умѣть выбрать изящныя формы, приличествующія для изображенія различныхъ физіогно-

Digitized by Google

мій, какъ то: пріятной, суровой, задумчивой, страшной и проч.

Остается сказать вамъ объ не давно выдуманномъ ученіи, относящемся до формы человѣческой головы. Кромѣ общаго разположенія двухъ главныхъ кривизнъ черепа, замѣчаютъ у различныхъ людей еще различныя уклоненія, измѣненія частныхъ кривизнъ, болѣе или менѣе сильныя.

Сіи части болѣе или менѣе изкривленныя, болѣе или менѣе выпуклыя, и называемыя *бугерами* разсматриваются какъ внѣшнія признаки нашихъ способностей, болѣе или менѣе важныхъ, и, нашихъ наклонностей болѣе или менѣе сильныхъ.

Разсматривая таковыя науки слегка, онѣ покажутся смѣшными и даже достойными презрѣнія, но мудрый наблюдатель законовъ Природы, никогда не поспѣшитъ хуленіемъ ихъ, равно какъ и расточеніемъ похвалы, когда дѣло идетъ о важномъ ученіи новыхъ для насъ предметовъ. Когда даже правда, что желаніе все изъяснять весьма много увеличило предполагаемые признаки нашихъ наклонностей и способностей, то достаточно и малаго числа умственныхъ отношеній, имѣ-

Digitized by Google

ющихъ болѣе или мемѣе ясные признаки въ формахъ нашего черепа, дабы глубокомысленное ученіе сихъ измѣненій содѣлалось однимъ изъ предметовъ достойнѣйшихъ занимать размышленіе мудрыхъ.

Различныя части, составляющія станъ животныхъ, имѣютъ объемъ и формы прямыя или кривыя, содѣлывающія ихъ болѣе или менѣе способными къ произведенію нѣкоторыхъ движеній. Предметомъ симъ занимается еще новая наука, извѣстная подъ именемъ *Сравнительной Анатоміи*. Наука сія придаетъ ученію ихъ полезную точность и много улучшаетъ ихъ выводы, относя къ геометрическимъ мѣрамъ, не только главныя размѣренія каждой части строенія костей животныхъ, но величину и образъ кривизны каждой части сего строенія, наипаче для соприкосновенныхъ частей, то есть для суставовъ.

Въ то время, какъ ученіе сіе можетъ служить къ успѣхамъ Сравнительной Анатоміи, оно снабдитъ насъ весьма полезными выводами для работъ промышленности. Животныя для удовлетворенія своимъ потребностямъ, производятъ съ рѣдкимъ превосходствомъ

Digitized by Google

множество дѣйствій, гдѣ наши ремесла и художества доходятъ едва выше посредственности. Они найдутъ различные образцы и весьма отличныя въ средствахъ, которыми природы снабжаетъ бытіе животныхъ.

Травоядныя животныя имѣютъ зубы свои совершенно расположенными для разтиранія прозябаемыхъ веществъ. Форма зубовъ ихъ сохраняется не смотря на сокрушеніе происходящее отъ дѣйствія разтиранія пищи, между тѣмъ какъ форма жернововъ нашей мѣльницы разрушается весьма скоро, что требуетъ частаго возобновленія сей формы, или поправки жернововъ, дабы они могли снова хорошо молоть.

Искуство въ семъ случаѣ далеко отстоитъ отъ Природы. Основываясь на сей идеѣ членъ Института Французской Академіи Г. Молардъ, занимался составленіемъ разтиральной машины, въ которой онъ принялъ за образецъ коренные зубы лошадей, отъ чего не имѣлъ нужды исправлять сіи части жернововъ, для возпрепятствованія разтиранію сдѣлаться несовершеннымъ.

Итакъ, промышленность извлекаетъ себѣ пользу изъ того что Анатомики, Геометры

Digitized by Google

и Механики открыли вмѣстѣ съ размѣреніями, *кривизны* и дѣйствія различныхъ частей животныхъ.

Оставимъ теперь сіи общія разсужденія важности ученія о кривизнѣ поверхностей, промышленности и Естественной Исторіи, дабы возвратиться къ геометрическимъ качествамъ, которыя весьма просто опредѣляютъ начала и измѣненія сихъ кривизнъ.

На поверхности перваго класса, можно всегда начертить эллипсисъ, проэктированный въ AB'CD (фиг. 20) параллельно его плоскости; эллипсисъ сей, проходя чрезъ точку P, представляетъ форму края поверхности, разсѣченной параллельно плоскости mn, касательной къ поверхности въ точкѣ P и весьма близкой къ MN; PO представляетъ разстояніе точки P до сѣкущей плоскости MN; если чрезъ точку P провести рядъ круговъ, имѣющихъ центры на нормалѣ или перпендикулярѣ PO и чрезъ обводъ элипсиса, то получимъ круги развертыванія всѣхъ сѣченій, сдѣланныхъ въ поверхности, самыми плоскостями сихъ круговъ.

Меньшій изъ сихъ круговъ пройдетъ чрезъ концы B и D малой оси эллипсиса; наиболь-

Digitized by Google

шій же пройдетъ чрезъ оконечности A и C большой оси эллипсиса. Фиг. 20 bis, представляетъ всѣ круги, проведенныя на плоскости, которая проходитъ чрезъ нормалъ POp фиг. 20.

Посему въ поверхностяхъ перваго класса, которыя имѣютъ всѣ кривизны свои въ одну сторону, направленіе наибольшей кривизны AB, перпендикулярно къ направленію наименьшей кривизны CD.

Итакъ, во всѣхъ поверхностяхъ, которыхъ всѣ кривизны идутъ по одну сторону, направленіе наибольшей кривизны будетъ въ каждой точкѣ перпендикулярно къ направленію наименьшей кривизны.

Поелику обводъ эллипсиса симметрически разположенъ въ отношеніи двухъ его осей, то круги развертыванія, которые пройдутъ чрезъ обводъ и перпендикуляръ, или нормалъ POp, будутъ равнымъ образомъ симметрическіе въ отношеніи къ осямъ AC и BD, то есть въ отношеніи двухъ направленій наибольшей и наименьшей кривизны.

Итакъ, промежуточныя кривизны сѣченій перпендикулярныхъ къ поверхности, которыя идутъ постепенно, начиная отъ самой боль-

Digitized by Google

шой, разположены симметрически въ отношеніи направленія наибольшей и наименьшей кривизны, проходящей чрезъ каждую точку поверхности.

Въ поверхностяхъ третьяго класса плоскость сѣкущая ихъ весьма близко къ касательной плоскости, даетъ сѣченіе, котораго фигура есть ипербола. Направленіе осей сей иперболы, даетъ направленіе двухъ осей наибольшей и наименьшей кривизны. Промежуточныя кривизны разположены симметрически въ отношеніи направленія сихъ осей. Въ фигурѣ 21 представлены сѣченія желобка блока, котораго двѣ кривизны находятся въ обратныхъ положеніяхъ; сѣченія сіи произошли отъ плоскостей, весьма близкихъ къ плоскости MN, касающейся желобка блока въ точкѣ P; сіи сѣченія имѣютъ форму двухъ *указательныхъ иперболъ*. Полезно показать фигуру сію на самомъ дѣлѣ.

Поверхности втораго класса могутъ быть разсматриваемы, какъ общій предѣлъ поверхностей другихъ двухъ классовъ. Онѣ обладаютъ свойствами, общими другимъ двумъ классамъ, ибо имѣютъ направленія ихъ наибольшей и наименьшей кривизнъ между со-

Digitized by Google

бою перпендикулярныя, со всѣми промежуточными кривизнами симметрически расположеными въ отношеніи главныхъ кривизнъ.

Я придалъ наименованіе *указательныхъ*, тѣмъ кривизнамъ, которыя указываютъ свойства и отношеніе кривизны поверхностей, и представилъ всѣ средства, служащія для познаванія главныхъ свойствъ кривизны поверхностей. Здѣсь Дюпень ссылается на разысканія, сдѣланныя имъ по сему предмету въ сочиненіи его Développements de Géométrie и на приложенія въ его Applications de Géométrie.

Положимъ теперь, что выходя изъ первой точки поверхности, идутъ всегда по направленію наибольшей кривизны, то получимъ линію. Всѣ линіи такимъ образомъ начерченныя совершенно покроютъ поверхность и составятъ *систему линій наибольшей кривизны*.

Напротивъ, если начиная отъ данной точки на поверхности будемъ слѣдовать по направленію наименьшей кривизны, то получимъ новую линію, собраніе которыхъ также совершенно покроетъ поверхность. Онѣ

Digitized by Google

составятъ *систему линій наименьшей кривизны.*

Наконецъ *линіи наибольшей кривизны всегда будутъ перпендикулярны къ линіямъ наименьшей кривизны.*

Линіи кривизны обладаютъ весьма драгоцѣнными для художествъ свойствами, которыя я ограничусь однимъ показаніемъ ихъ безъ доказательства. *Если чрезъ каждую точку одной и той же линіи кривизны, проведемъ перпендикуляры къ поверхности, то всѣ сіи перпендикуляры составятъ поверхность, которая будетъ необходимо развертывающаяся* *).

Въ цилиндрѣ (фиг. 22), линіи наименьшей кривизны суть прямолинейныя ребра онаго, которыхъ кривизна есть нуль. Линіи наибольшей кривизны суть сѣченія, сдѣланныя плоскостями перпендикулярными къ оси; очевидно что обводъ сихъ сѣченій перпендикуляренъ къ каждому ребру. Итакъ въ цилиндрѣ линіи наибольшей и наименьшей кривизны между собою перпендикулярны.

---

*) Доказательство сего правила и всѣхъ свойствъ относящихся до кривизны линій и поверхностей можно найти въ сочиненіи Дюпеня: Développements de Géométrie.

Digitized by Google

Въ конусѣ (фиг. 23), гдѣ ребра суть линіи наименьшей кривизны, также находятъ линіи наибольшей кривизны. Ставятъ ножку циркуля въ вершину конуса, потомъ другою ножкою очерчиваютъ каждымъ раствореніемъ циркуля различныя кривыя, которыя всѣ будутъ перпендикулярны къ ребрамъ, ибо развернувъ конусъ сіи кривыя будутъ кругами, а ребра радіусами.

Въ поверхностяхъ вращенія, меридіаны суть линіи одной кривизны, а параллельныя круги, суть линіи другой кривизны, и при томъ мы знаемъ что меридіаны повсюду перпендикулярны къ параллельнымъ кругамъ.

Знаменитый Монжъ, изъ описанныхъ нами теперь свойствъ сдѣлалъ превосходное приложеніе къ разрѣзкѣ камней.

При построеніи сводовъ, имѣющихъ форму кривыхъ поверхностей, раздѣляютъ своды на весьма малыя части, дабы каждая могла быть сдѣлана изъ одного камня. Обдѣлавъ изъ камня таковую часть, и давъ ей фигуру, приличную поверхности свода, вырабатываютъ боковыя стороны называемыя швами, по которымъ различные каменья называемые сводными, одни другихъ поддержи-

Digitized by Google

вяютъ. Дабы лучше удовлетворить всѣмъ условіямъ, то требуется: 1) чтобы стороны швовъ имѣли наипростѣйшую форму и наиточнѣйше производимую; 2. чтобы собраніе сихъ камней имѣло наибольшую остойчивость. Сіе послѣднее условіе требуетъ чтобы стороны швовъ были повсюду перпендикулярны къ поверхности свода, что легко видѣть какимъ образомъ. Если въ одномъ сводномъ камнѣ сторона шва дѣлаетъ съ поверхностію свода тупой уголъ, то другой соприкосновенный сводный камень будетъ съ оною дѣлать острой уголъ, и дѣйствіемъ давленія первый сводный камень необходимо раздробитъ второй или заставитъ его треснуть, отъ малѣйшаго дѣйствія осадки и давленія. Условіе простоты, легкости, требуютъ чтобы швы дѣлать или плоскими или менѣе развертывающимися. Выбравъ таковую форму, можно всегда вырѣзать оную изъ бумаги, папки или другой какой либо гибкой матеріи плоской листъ, имѣющій совершенную фигуру шва; достаточно будетъ прилично согнуть его дабы видѣть, будетъ ли онъ повсюду совмѣщаться со швомъ,

Digitized by Google

сдѣланнымъ помощію наугольника перпендикулярнымъ къ своду.

Показанныя теперь условія требуютъ, чтобъ найти развертывающіяся поверхности повсюду перпендикулярныя къ своду и между собою, требуютъ также избранія для линій швовъ на поверхности свода, *линій кривизны сей поверхности*.

Итакъ, устроивъ цилиндрическія поверхности (фиг. 24), выбираютъ для швовъ въ *первомъ* направленіи равноотстоящія параллельныя ребра, кои будутъ линіями наименьшей кривизны; во *второмъ* направленіи кривыя, перпендикулярныя къ симъ ребрамъ, будутъ линіи наибольшей кривизны. Поверхности швовъ образованныя нормальными поверхностями, по симъ ребрамъ и кривымъ, суть плоскости пересѣкающіяся подъ прямыми углами. Посему работа каменотесца содѣлывается столь простою, сколь и возможною.

Когда сдѣланы коническія поверхности (фиг. 25), какъ напримѣръ для расширяющихся окошекъ и дверей, сводчатыхъ амбразуръ казематовъ и проч., то равнымъ образомъ для линій швовъ берутъ ребра конуса и къ нимъ перпендикулярныя кривыя.

Digitized by Google

Если желаютъ построить сводъ, имѣющій форму поверхности вращенія (фиг. 26), напримѣръ куполъ, то означаютъ на сводѣ правильныя части, раздѣленныя меридіанами и параллельными кругами. Перпендикуляры къ своду по направленію меридіановъ образуютъ плоскости, кои представятъ вертикальные швы сводныхъ камней. Линіи перпендикулярныя къ своду по направленію параллельныхъ круговъ изобразятъ конусы, которые будутъ швами, принимаемыми за горизонтальные; сіи швы суть развертывающіяся, поелику они соотвѣтствуютъ линіямъ кривизны. Наконецъ, коническіе швы пересѣкаются подъ прямыми углами плоскими швами, которые въ конусахъ служатъ меридіональными плоскостями.

Я не буду далѣе разпространять сего важнаго приложенія, столь простаго, столь общаго, столь обильнаго своими правилами и слѣдствіями. Оно показываетъ художествамъ всю важность ученія о кривизнѣ поверхностей и его главныхъ свойствъ. Изящныя художества также могутъ извлечь изъ сего ученія величайшую выгоду.

Digitized by Google

По дѣйствію измѣненія свѣта и тѣней, мы судимъ простымъ зрѣніемъ не только о выдавшихся и блестящихъ точкахъ, но и о видимыхъ ребрахъ, о кажущихся обмѣрахъ, по которымъ узнаемъ фигуру каждаго тѣла. Болѣе или менѣе сильныя измѣненія тѣни и свѣта даютъ намъ понятіе о формѣ тѣлъ, родѣ и степени кривизны въ каждой части ихъ поверхности, даже и тогда, когда въ сихъ частяхъ въ особенности нѣтъ ни примѣчательныхъ точекъ, ни примѣчательныхъ линій.

Ученіе сіе годится не одному только художнику; оно полезно также людямъ всякаго другаго сословія; оно подаетъ имъ понятія быстрѣе, вѣрнѣе и полнѣе объ истиной формѣ предметовъ разсматриваемыхъ для одного удовольствія или по надобности.

Такимъ образомъ мы помощію нашего глаза получаемъ понятіе о кривизнѣ поверхностей.

Положимъ, что шаръ ABC (фиг. 27) освѣщенъ солнечными лучами падающими на оный въ какомъ либо направленіи.

Начнемъ проведеніемъ линіи отдѣла тѣни отъ свѣта LLL, по правиламъ показаннымъ

Digitized by Google

въ XIV главѣ. Я означу черными штрихами часть шара въ тѣни находящуюся, то освѣщенная часть онаго будетъ LLLBC (фиг. 27). Такимъ образомъ Луна кажется намъ въ различныхъ ея фазахъ (измѣненіяхъ), начиная съ вида новаго мѣсяца (фиг. 29), до первой четверти (фиг. 28), гдѣ одна половина свѣтила кажется освѣщенною, а другая въ тѣни; и потомъ до вида (фиг. 27), совершеннаго освѣщенія оной, и наконецъ когда Луна въ затмѣненіи, гдѣ она для зрителя кажется во все неосвѣщенною. Если разсматривать одну только освѣщенную часть LLLB безъ другихъ отличій то изъ сего ничего не вижу, чтобъ показывало, что она принадлежитъ шару, а скорѣе можно принять принадлежащую къ поверхности вытянутой или сплюснутой по направленію видимыхъ лучей. Посмотримъ теперь какимъ образомъ узнать сію разность.

На поверхности, предполагаемой блестящею какъ зеркало, находится нѣкоторая точка O (фиг. 27), въ которой зритель примѣчаетъ изображеніе солнца или свѣтящагося тѣла. Точка, въ которой поверхностію сею отражается большое количество свѣта

Digitized by Google

называется *блестящею точкою*. Должно опредѣлить положеніе оной. Что весьма легко сдѣлать если проведемъ нормалъ въ точкѣ O, къ поверхности тѣла. Тогда: 1. два луча, падающій и отраженный будутъ находиться въ одной плоскости съ симъ нормаломъ; 2. они будутъ съ сею нормальною линіею дѣлать равные углы. По симъ поверхностямъ Начертательная Геометрія научаетъ средствамъ опредѣлять на различныхъ поверхностяхъ блестящія точки, при каждомъ данномъ положеніи глаза и при общемъ направленіи лучей свѣта. Потомъ, по мѣрѣ того какъ лучи свѣта достигаютъ поверхности подъ острымъ угломъ, и отражаются также подъ острымъ угломъ, при чѣмъ свѣта ни сколько не теряется, а поверхность кажется менѣе освѣщенною. Принимаютъ, что около точки O, можно начертить рядъ кривыхъ линій, по обводу которыхъ тѣло покажется зрителю равномѣрно освѣщеннымъ; таковы суть линіи называемыя равно колерными. Начертивъ сіи линіи достаточно будетъ означить рядъ колеровъ, болѣе или менѣе слабыхъ, по степенямъ свѣта, соотвѣтствующимъ каждой линіи; и такимъ обра-

Digitized by Google

зомъ изобразятся на освѣщенной части поверхности съ чрезвычайною точностію постепенности свѣта.

По формѣ и положенію сихъ линій можно совершенно различить свойства поверхности и родъ ихъ кривизнъ. Онѣ имѣютъ особенное и легкое для разпознаванія свойство, какъ для цилиндровъ, конусовъ такъ и вообще для развертывающихся поверхностей; онѣ имѣютъ другое свойство для шаровъ, для поверхностей вращенія, кольцеобразныхъ поверхностей; еще другое для поверхностей спиральныхъ, косыхъ и проч.

Хотя линіи, о которыхъ мы говорили на тѣлахъ и невидимы, хотя Природа производитъ постепенное уменьшеніе цвѣта красокъ тѣлъ, но глазъ нашъ не старается приучаться къ изученію, пониманію, узнанію сихъ общихъ и отличительныхъ формъ, которыя имѣютъ измѣненіе тѣни и свѣта въ различныхъ родахъ поверхностей.

Однако въ семъ отношеніи примѣчается великая разность въ степени искуства, которую обрѣтаютъ различные классы людей, потому что занятія ихъ заставляютъ болѣе разсматривать извѣстные имъ роды по-

Digitized by Google

верхностей. Итакъ котельникъ, жестяникъ, дѣлатель четвериковъ съ чрезвычайною легкостію различаютъ, будетъ ли поверхность или часть оной цилиндрическая, коническая или вообще развертывающаяся; но за то другія формы поверхностей они будутъ различать уже не съ такимъ искуствомъ.

Токарь деревянныхъ и металлическихъ вещей, гончаръ, фаянсчикъ, и проч. занимающіяся безпрестанно выдѣлываніемъ поверхностей вращенія, однимъ только взглядомъ, не ощупывая рукою могутъ узнать если поверхность оной будетъ развертывающаяся, или если она будетъ въ какой нибудь части сжата или вытянута; но другія формы они будутъ различать уже съ меньшимъ искуствомъ.

Архитекторъ хорошо понимаетъ различныя формы цилиндровъ и конусовъ подобныхъ формамъ сводовъ его строеній; онъ также хорошо пойметъ поверхности вращенія, подобныя формамъ его куполовъ и колоннъ; но онъ будетъ различать уже съ меньшимъ искуствомъ формы неизвѣстныхъ ему поверхностей.

Digitized by Google

Весьма важно, чтобъ каждый пріучался судить простымъ только зрѣніемъ о свойствѣ поверхностей и о болѣе или менѣе совершенномъ производствѣ оныхъ. Средство сіе ускоритъ успѣхи промышленности и изящныхъ художествъ. Мы поговоримъ о семъ предметѣ съ подробностію, когда изъяснимъ какимъ наблюденіемъ и ученіемъ можемъ улучшить наши чувства и увеличить средства для разпоряженія работъ нашихъ. Смотри III томъ о побудительныхъ силахъ.

Ваятель, долженъ привыкать различать простымъ зрѣніемъ въ каждой части производимыхъ имъ поверхностей, находятся ли кривизны ихъ въ одномъ или въ обратныхъ направленіяхъ; онъ долженъ разпознавать направленія наибольшей и наименьшей кривизны; онъ долженъ умѣть слѣдовать на поверхностяхъ по направленію наибольшей и наименьшей кривизны, дабы дать свойство прилично производимымъ имъ поверхностямъ; это одно можетъ сдѣлать работу его точною.

Живописецъ, который красками изображаетъ на поверхности, имѣющей только два измѣренія, предметы о трехъ измѣреніяхъ,

Digitized by Google

долженъ имѣть основательное познаніе о томъ, какимъ образомъ каждый родъ поверхности постепенно уменьшаетъ цвѣтъ свой, дабы кистію своею произвести тѣже самыя дѣйствія.

Наконецъ граверъ долженъ имѣть тѣже свѣденія, дабы достигнуть до той же вѣрности изображеній и тойже вѣроятности понятій.

Конецъ Геометріи.

Digitized by Google

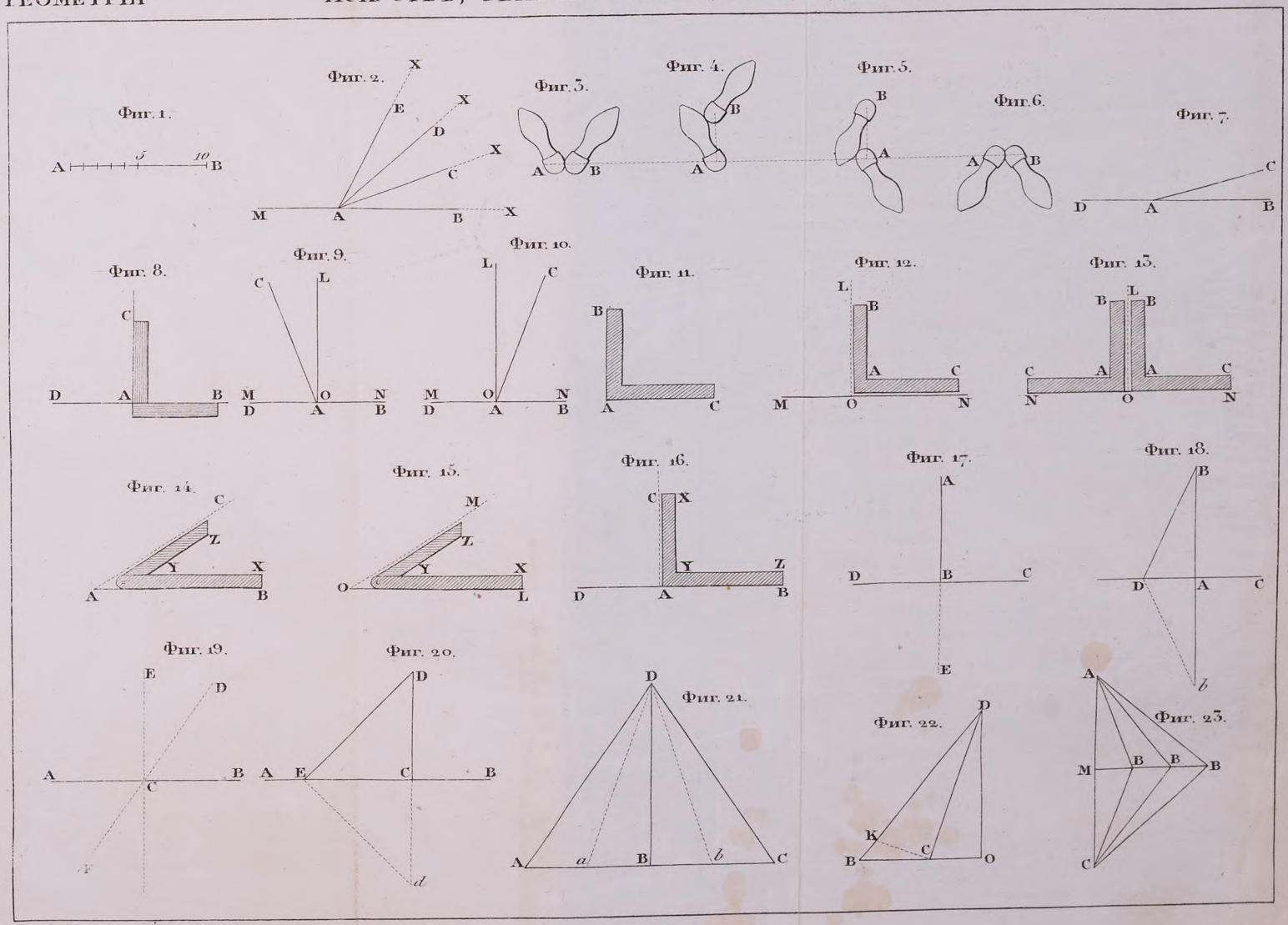
ПОГРѢШНОСТИ.

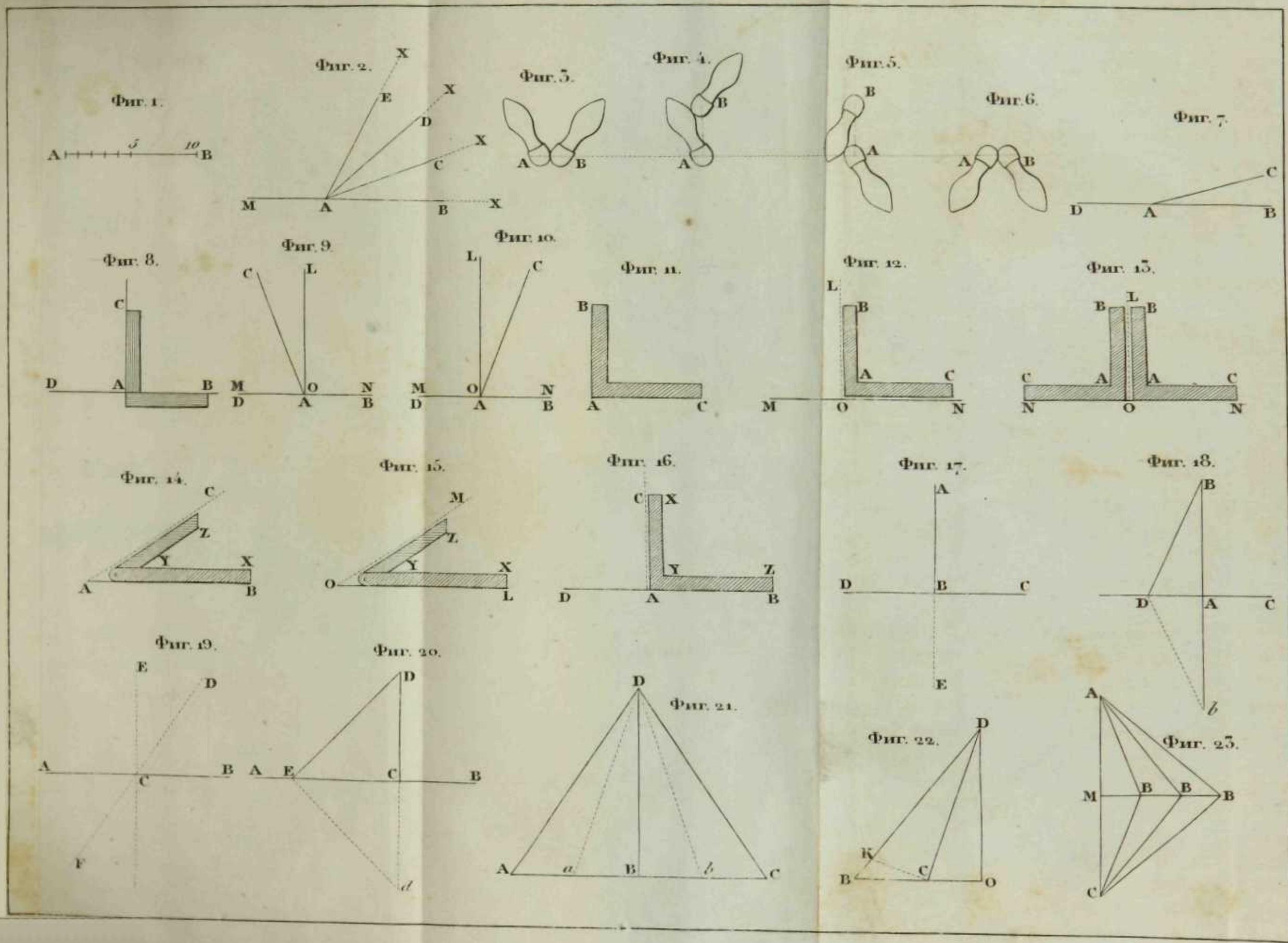
Стр.	*Ст.*	*Напечатано:*	*Читай.*
15.	8.	ровна	равна
——	13.	въ ея	съ ея
——	15.	повѣшенный	натянутый
47.	1.	тоже	также
68.	11.	совмѣстится.	совмѣститься
71.	8.	наклонныя ли-	наклонныя
78.	23.	въ другаго	въ другой
104.	25.	ab	a и b
107.	18.	онѣже	онѣ
108.	3.	ровно	равно
131.	7.	которы	которые
135.	4.	сего	чего
137.	16.	была бы	будетъ
146.	13.	народомъ	народамъ
172.	16.	XYab e ZYcd	XYab и ZYcd
173.	18.	три	3
176.	10.	коикъ	коихъ.
182.	20.	пострвенные	построенные
192.	5.	метталическія	металлическія
——	14.	располагаются	расположенными
196.	10.	то слѣдуетъ	слѣдуетъ
220.	21.	прямой	прямой
223.	17.	заключающій	заключающійся
231.	12.	чъсти	части
237.	1.	кривымъ	кривыми
237.	24.	b	b,
244.	13.	основанія	основаніи
254.	13.	устроиваетъ	устроиваютъ
267.	21.	*Пиложеніе*	*Приложеніе*
267.	25.	конопла	конопли
280.	6.	Фризмами	Фризами
284.	6.	*Физіонтрасу*	*Физіонотрасу*
285.	19.	*Физіонтрасу*	*Физіонотрасу*
288.	10.	Физіонтрасъ	Физіонотрасъ

Digitized by Google

Стр.	Ст.	Напечатано:	Читай.
296.	16.	тогда	точка
297.	12.	карапшинахъ	картинахъ
299.	10.	вермаго	вѣрнаго
309.	19.	пожимъ	положимъ
309.	20.	большое	большое
311.	17.	ровными	равными
329.	25.	длиннѣе	продолжительнѣе
333.	13.	непосредствванно	непосредственно
432.	19.	навишая	навишая
——	22.	устроенъ	устроенъ
350.	15.	360	360°
351.	18.	то: 1.	то 1. онѣ разсѣкутъ шаръ рядомъ параллельныхъ круговъ; 2.
356.	2.	*находящихся*	*находящихся.*
377.	14.	одного	одной
——	15.	которое при r,	которая при r
378.	14.	$(r \times 2)$	$(r + 2)$.
387.	7.	1	$\frac{1}{50}$
388.	10.	расположеннымъ	расположенныхъ
404.	2.	11	11 томъ
——	16.	лѣсшницы	лѣстницы
406.	2.	поклонную	наклонную
——	5.	раздѣлилъ	раздѣлялъ
407.	1.	швовъ	швовъ
——	25.	сосшавляющихъ	сосшавляющихъ
412.	7.	видимою	видимую
448.	5.	желали,	желали.
452.	2.	2	A
——	25.	касашельвой	касашельной
453.	1.	чшока	шочка
——	9.	осшь	есшь
456.	21.	ZCG	ZCT
454.	21.	проходяшія	проходящія
474.	17.	вооеразишь	вообразить
483.	23.	рода	ряда
487.	5.	*Полировка,*	*Полировка,*
500.	10.	*полувальною*	*Полуовальною*

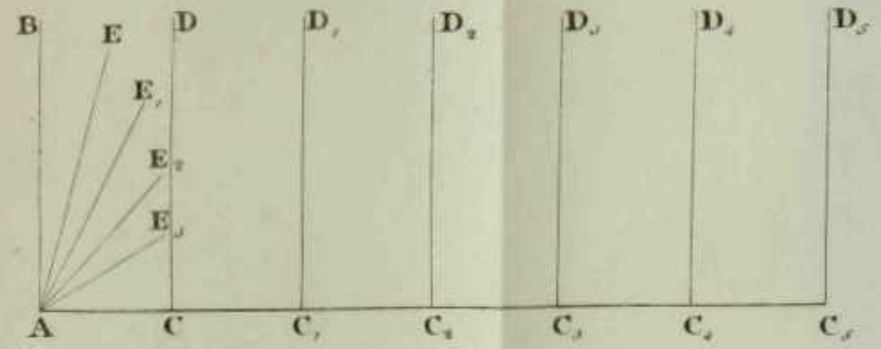
Digitized by Google


Фиг. 1.
Фиг. 2.
Фиг. 3.
Фиг. 4.
Фиг. 5.
Фиг. 6.
Фиг. 7.
Фиг. 8.
Фиг. 9.
Фиг. 10.
Фиг. 11.
Фиг. 12.
Фиг. 13.
Фиг. 14.
Фиг. 15.
Фиг. 16.
Фиг. 17.
Фиг. 18.
Фиг. 19.
Фиг. 20.
Фиг. 21.
Фиг. 22.
Фиг. 23.

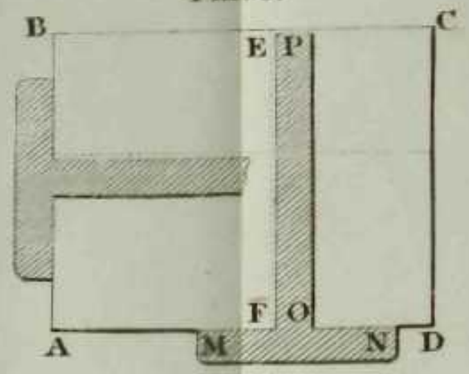

Фиг. 1.
A 5 10 B
Фиг. 2.
X E X D X C
M A B X
Фиг. 3.
A B
Фиг. 4.
B A
Фиг. 5.
B A
Фиг. 6.
A B
Фиг. 7.
C D A B
Фиг. 8.
C D A B
Фиг. 9.
C L M O N D A B
Фиг. 10.
L C M O N D A B
Фиг. 11.
B A C
Фиг. 12.
L B A C M O N
Фиг. 13.
B L B C A A C N O N
Фиг. 14.
C Z Y X A B
Фиг. 15.
M Z Y X O L
Фиг. 16.
C X Y Z D A B
Фиг. 17.
A D B C E
Фиг. 18.
B D A C b
Фиг. 19.
E D A B C F
Фиг. 20.
D A E C B d
Фиг. 21.
D A a B b C
Фиг. 22.
D K B C O
Фиг. 23.
A M B B B C

Фиг. 1.

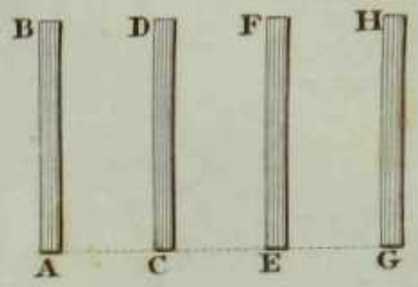
Фиг. 2.



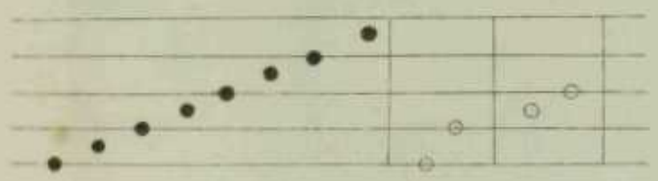
Фиг. 3.



Фиг. 4.

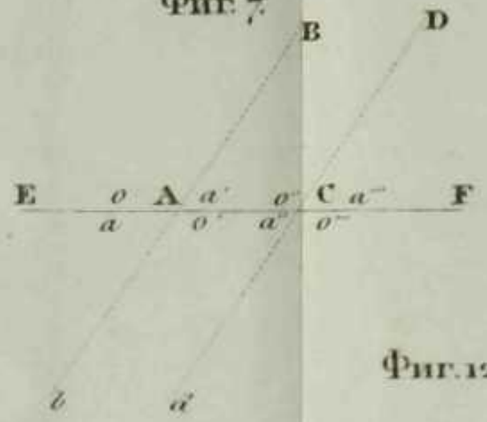


Фиг. 5.

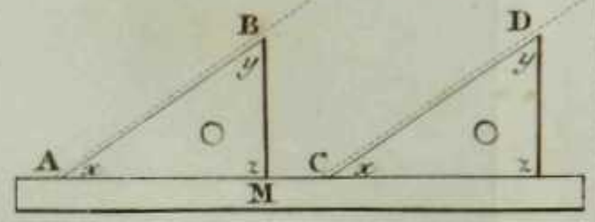


Фиг. 6.

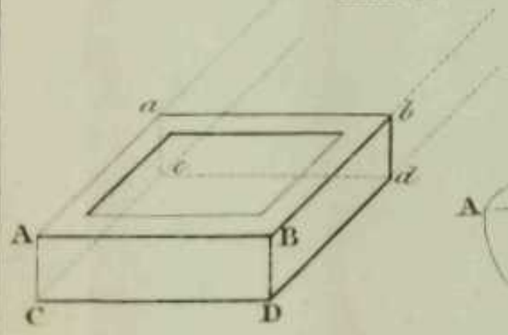
Фиг. 7.



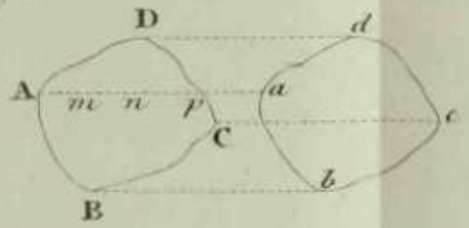
Фиг. 8.



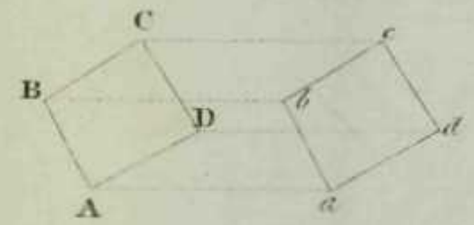
Фиг. 9.



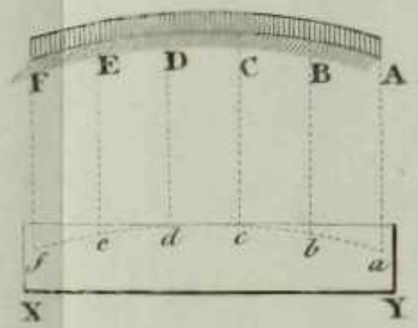
Фиг. 10.



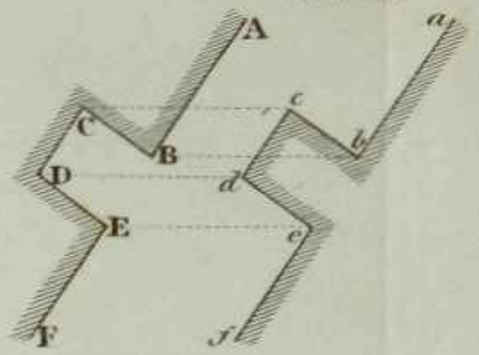
Фиг. 11.



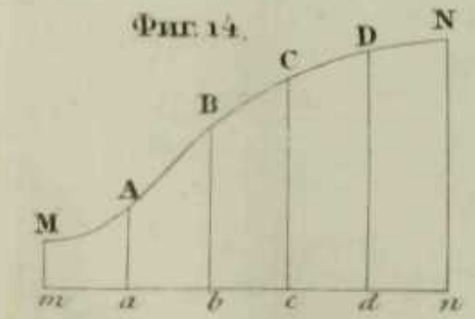
Фиг. 12.



Фиг. 13.

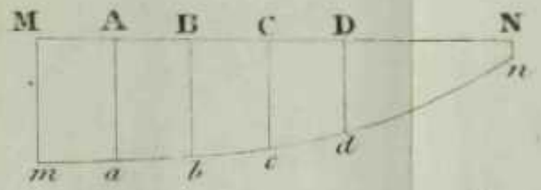


Фиг. 14.

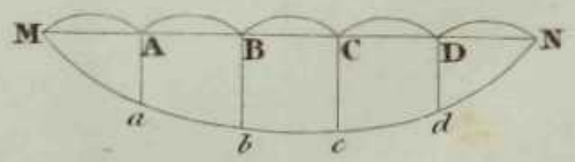


Фиг. 15.

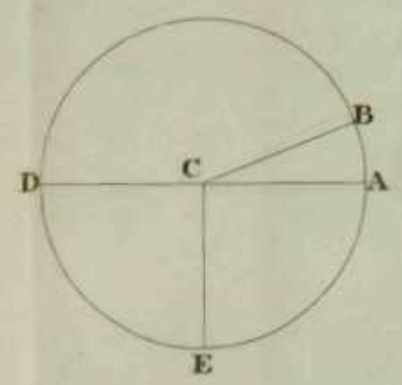
Фиг. 16.



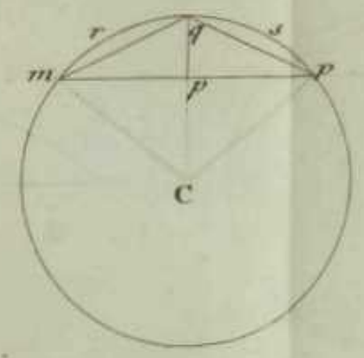
Фиг. 17.



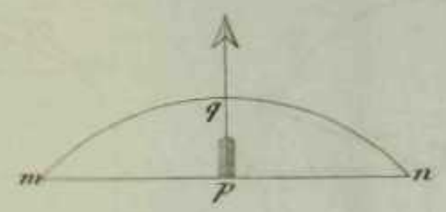
Фиг. 1.



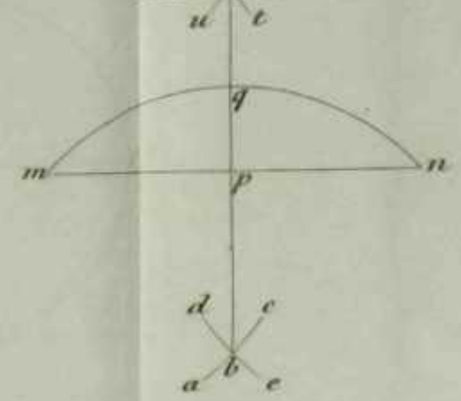
Фиг. 2.



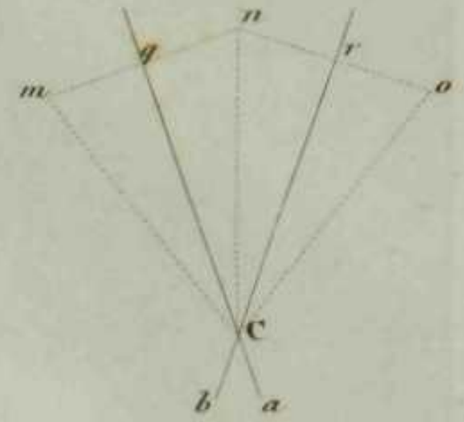
Фиг. 3.



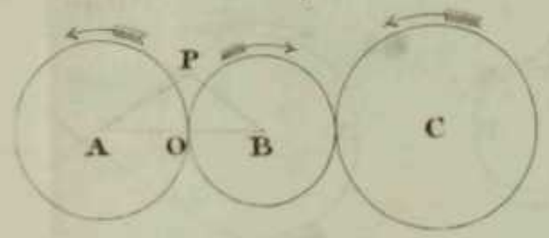
Фиг. 4.



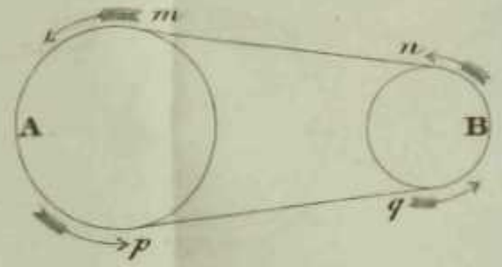
Фиг. 5.



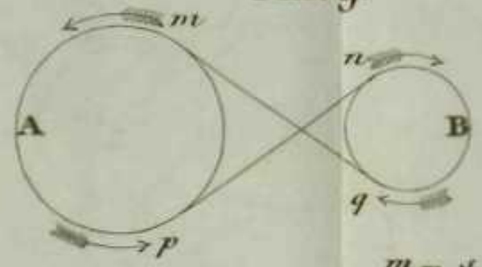
Фиг. 7.



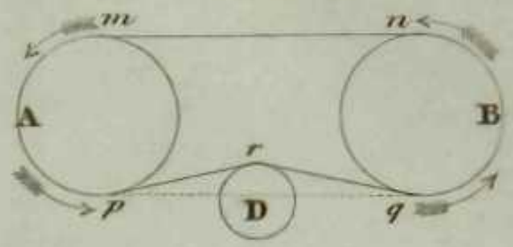
Фиг. 8.



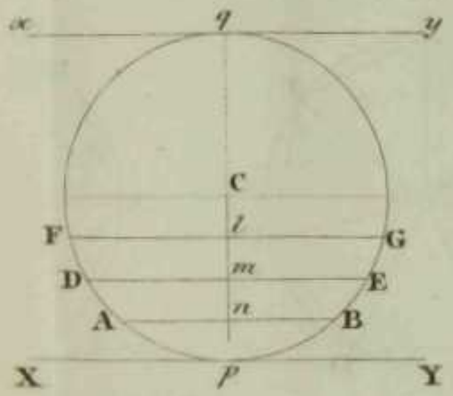
Фиг. 9.



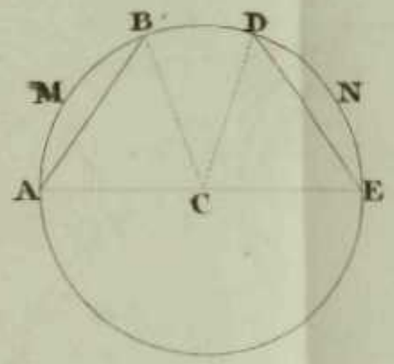
Фиг. 10.



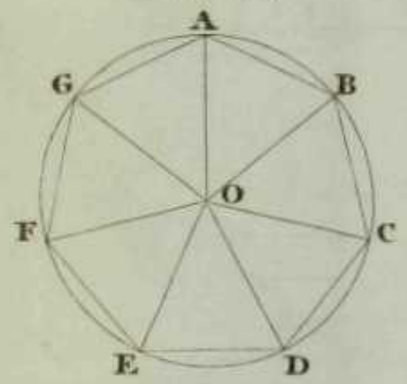
Фиг. 6.



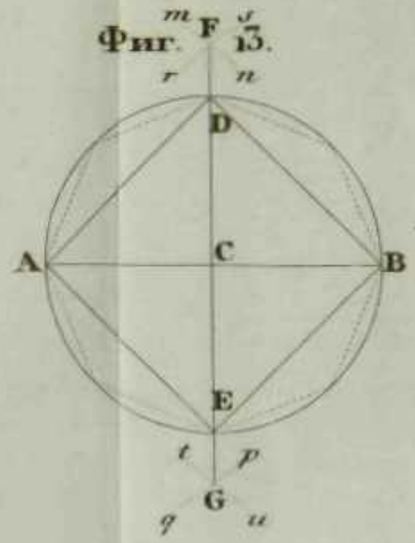
Фиг. 11.



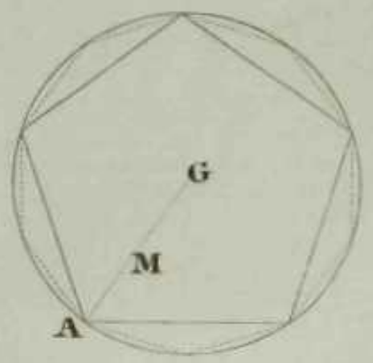
Фиг. 12.



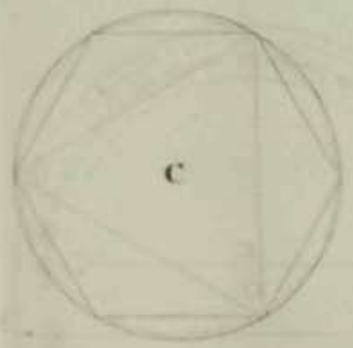
Фиг. 13.



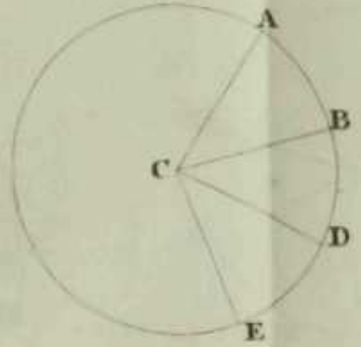
Фиг. 14.



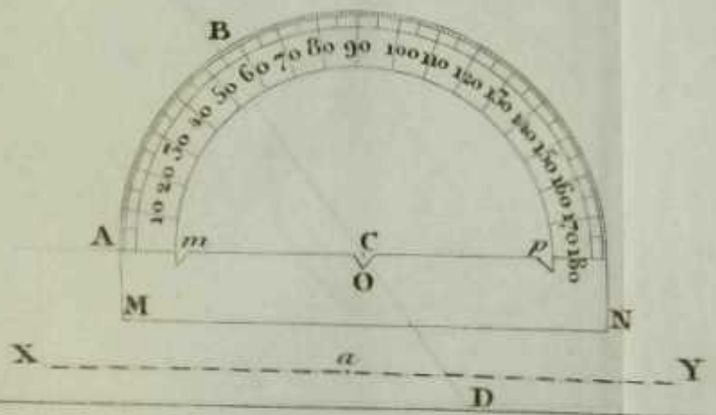
Фиг. 15.



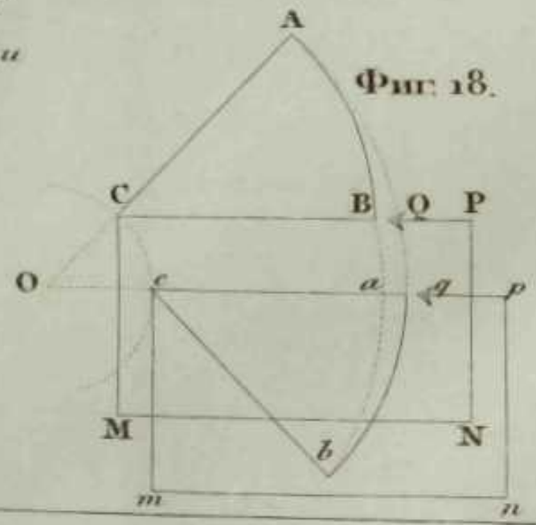
Фиг. 16.

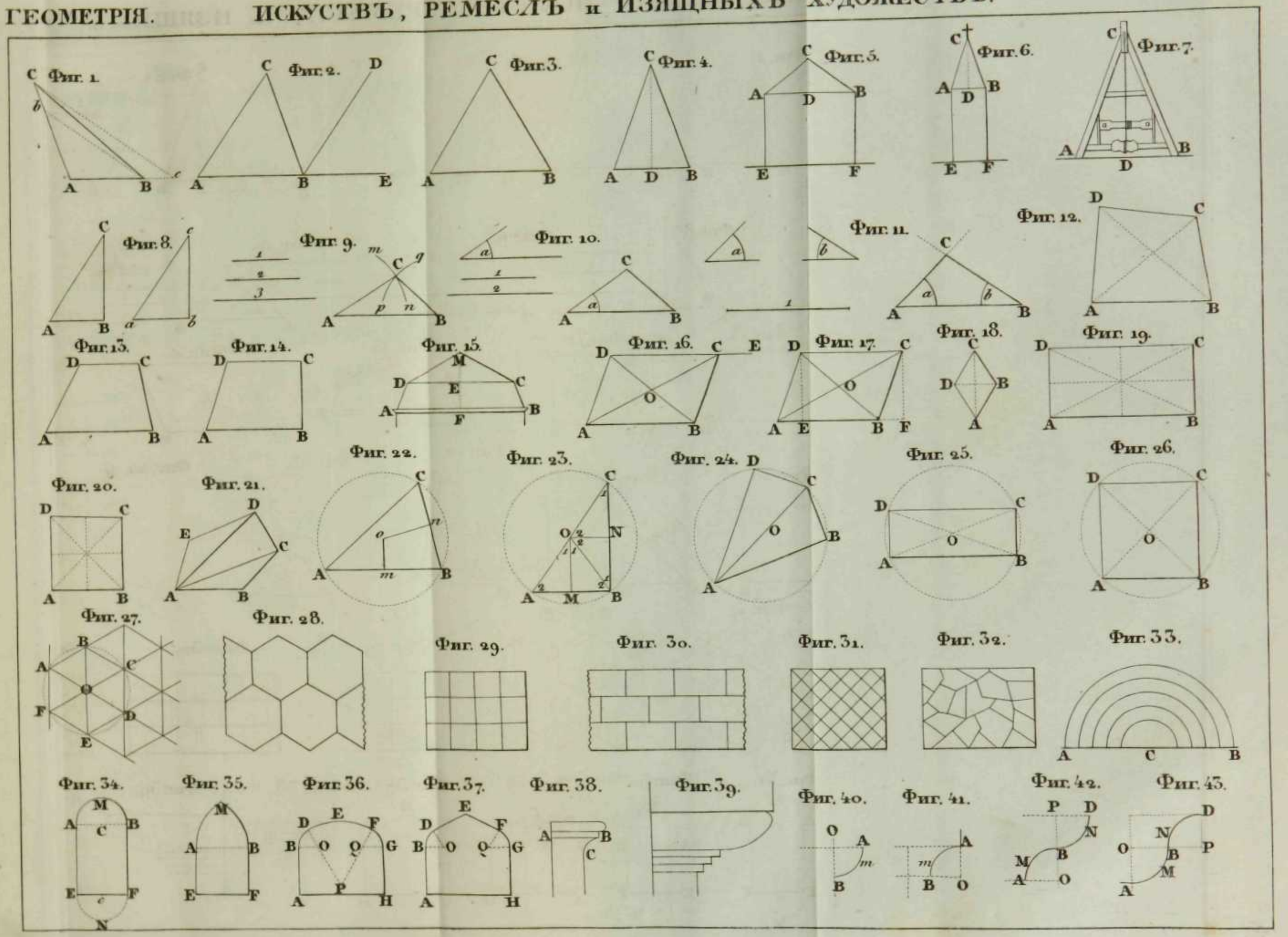


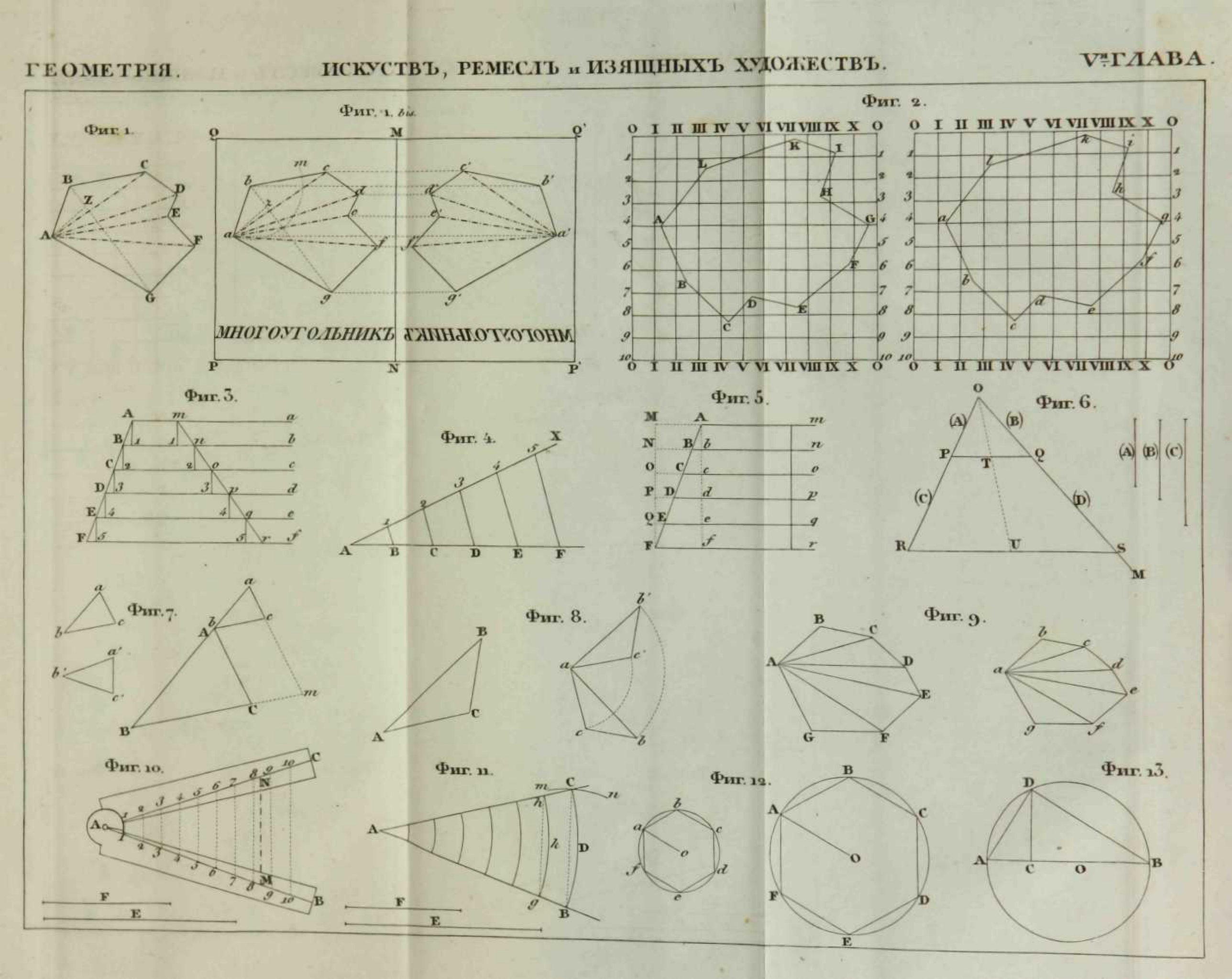
Фиг. 17.

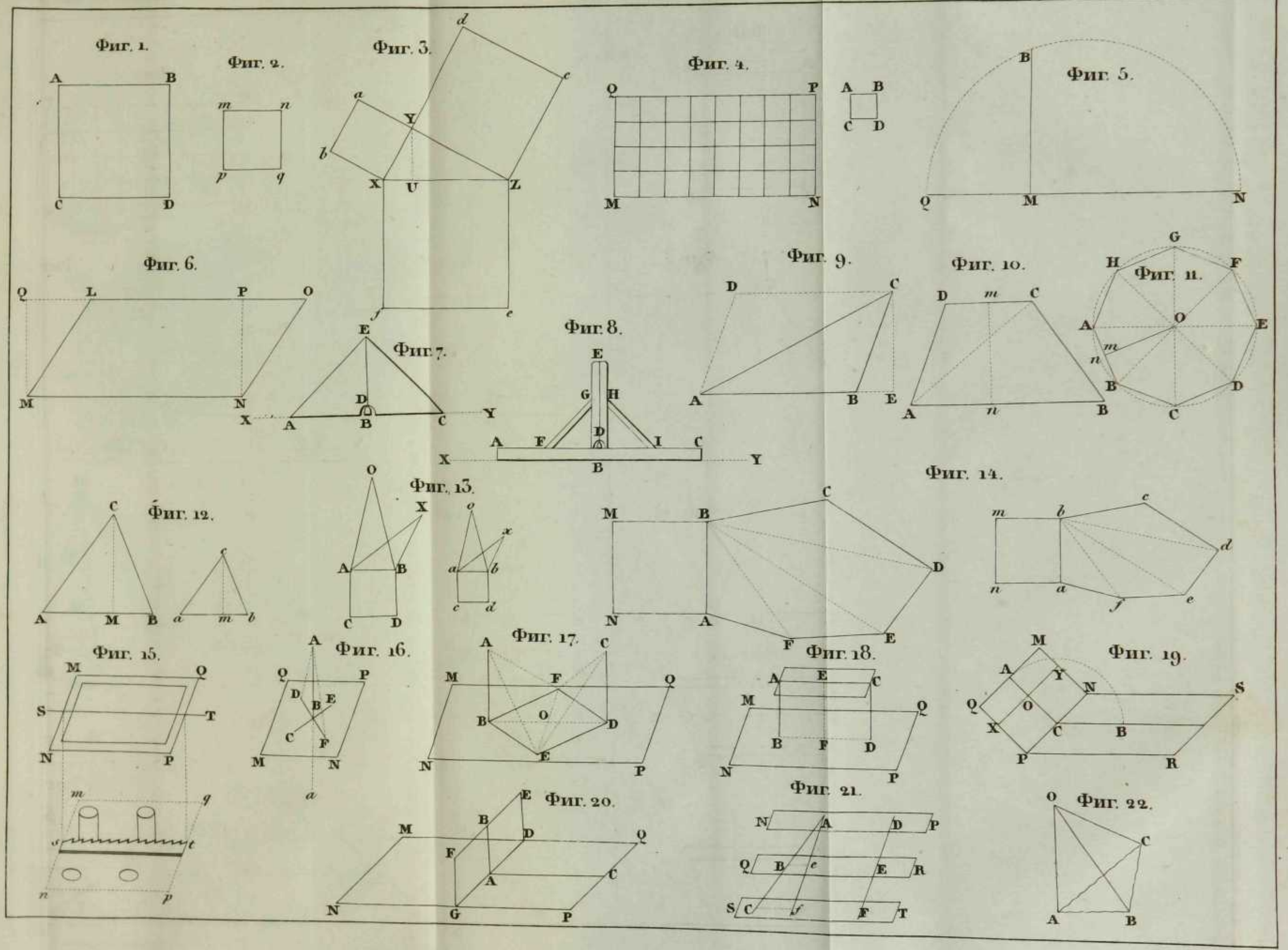


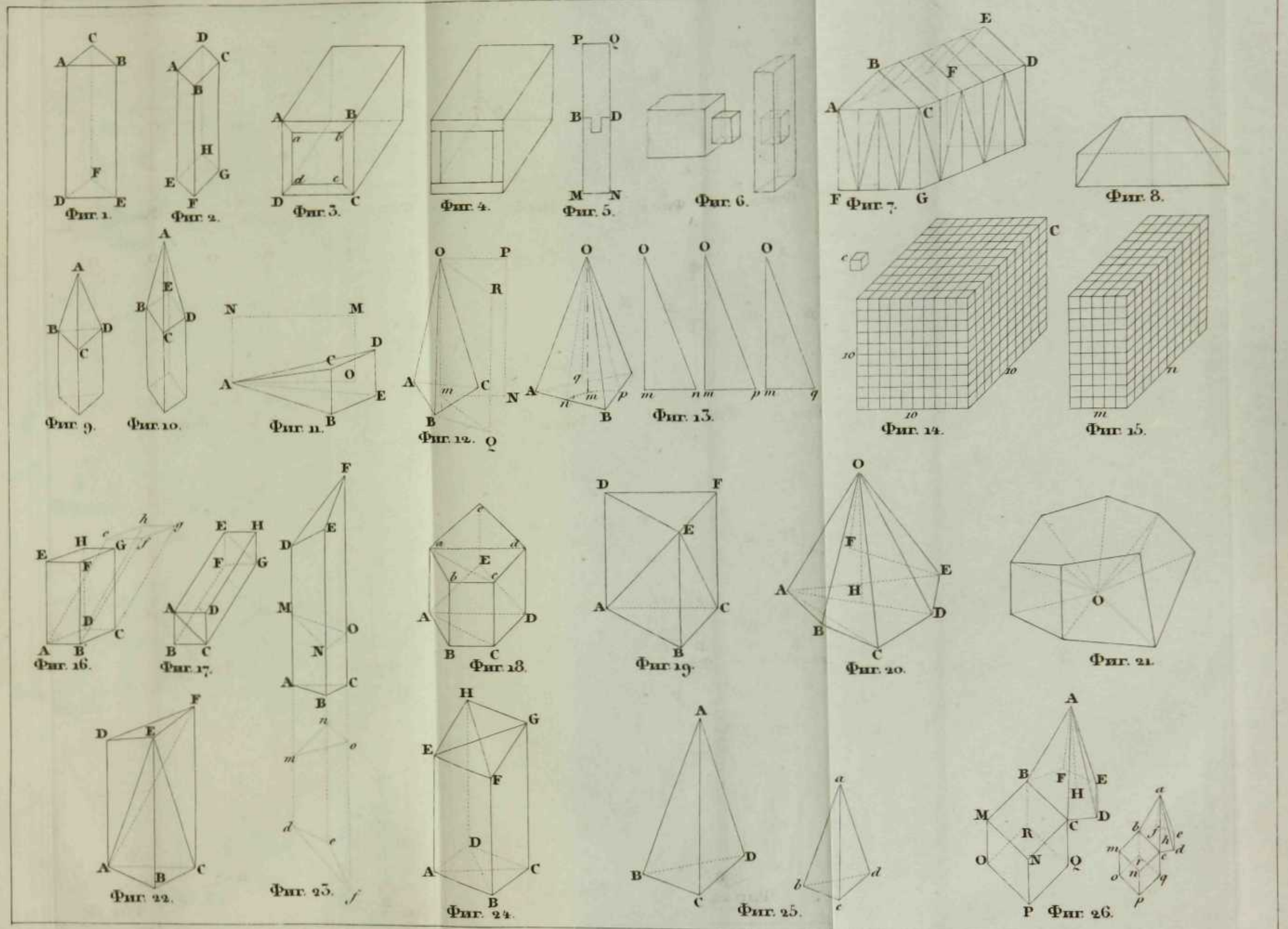
Фиг. 18.

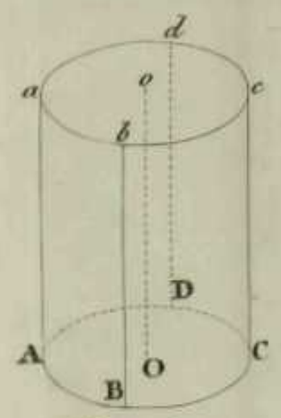



Фиг. 1.
Фиг. 2.
Фиг. 3.
Фиг. 4.
Фиг. 5.
Фиг. 6.
Фиг. 7.
Фиг. 8.
Фиг. 9.
Фиг. 10.
Фиг. 11.
Фиг. 12.
Фиг. 13.
Фиг. 14.
Фиг. 15.
Фиг. 16.
Фиг. 17.
Фиг. 18.
Фиг. 19.
Фиг. 20.
Фиг. 21.
Фиг. 22.
Фиг. 23.
Фиг. 24.
Фиг. 25.
Фиг. 26.
Фиг. 27.
Фиг. 28.
Фиг. 29.
Фиг. 30.
Фиг. 31.
Фиг. 32.
Фиг. 33.
Фиг. 34.
Фиг. 35.
Фиг. 36.
Фиг. 37.
Фиг. 38.
Фиг. 39.
Фиг. 40.
Фиг. 41.
Фиг. 42.
Фиг. 43.

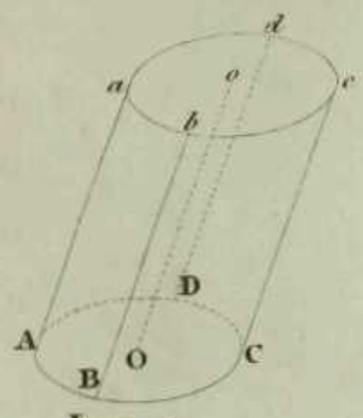

Фиг. 1.
Фиг. 1. bis.
МНОГОУГОЛЬНИКЪ
Фиг. 2.
Фиг. 3.
Фиг. 4.
Фиг. 5.
Фиг. 6.
Фиг. 7.
Фиг. 8.
Фиг. 9.
Фиг. 10.
Фиг. 11.
Фиг. 12.
Фиг. 13.


Фиг. 1.
Фиг. 2.
Фиг. 3.
Фиг. 4.
Фиг. 5.
Фиг. 6.
Фиг. 7.
Фиг. 8.
Фиг. 9.
Фиг. 10.
Фиг. 11.
Фиг. 12.
Фиг. 13.
Фиг. 14.
Фиг. 15.
Фиг. 16.
Фиг. 17.
Фиг. 18.
Фиг. 19.
Фиг. 20.
Фиг. 21.
Фиг. 22.

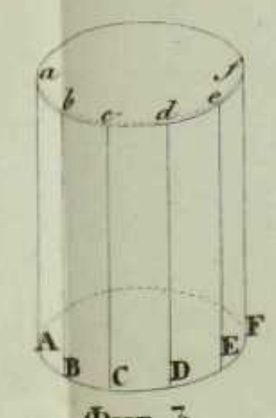

Фиг. 1.
Фиг. 2.
Фиг. 3.
Фиг. 4.
Фиг. 5.
Фиг. 6.
Фиг. 7.
Фиг. 8.
Фиг. 9.
Фиг. 10.
Фиг. 11.
Фиг. 12.
Фиг. 13.
Фиг. 14.
Фиг. 15.
Фиг. 16.
Фиг. 17.
Фиг. 18.
Фиг. 19.
Фиг. 20.
Фиг. 21.
Фиг. 22.
Фиг. 23.
Фиг. 24.
Фиг. 25.
Фиг. 26.



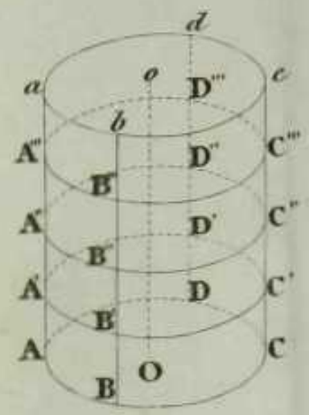
Фиг. 1.



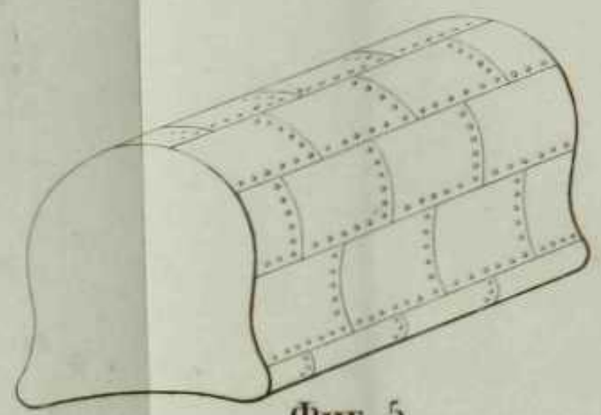
Фиг. 2.



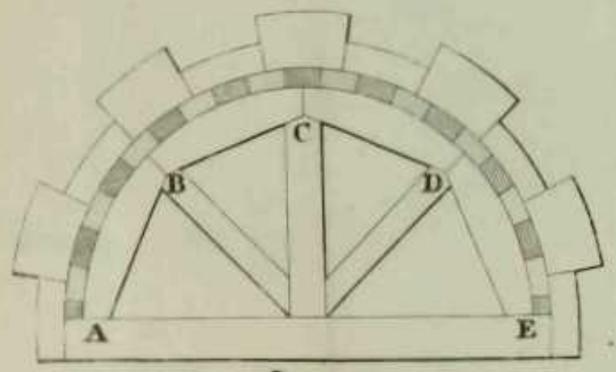
Фиг. 3.



Фиг. 4.

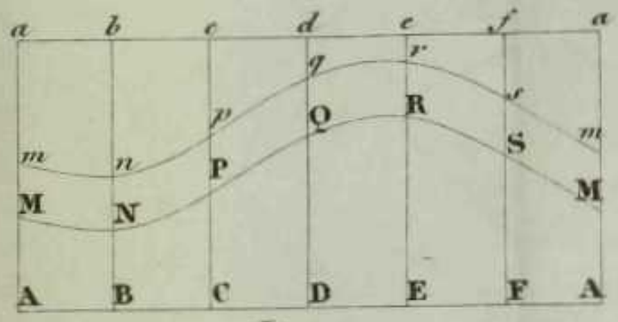

Фиг. 5.

Фиг. 6.

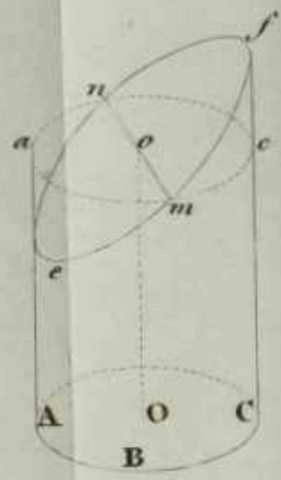


Фиг. 7.

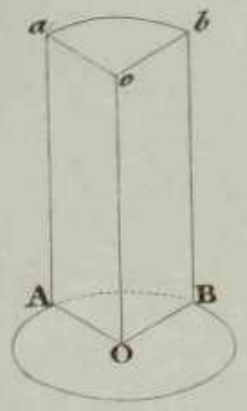
Фиг. 8.



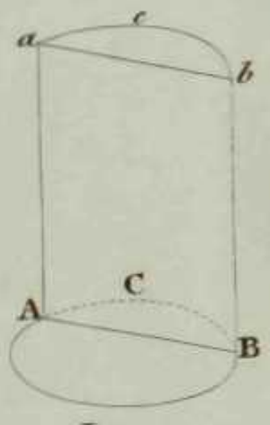
Фиг. 9.



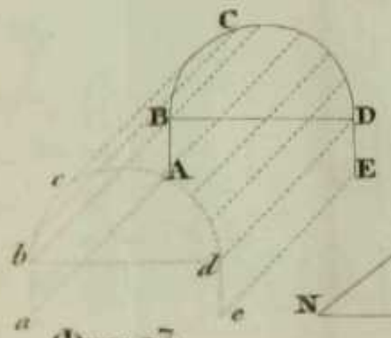
Фиг. 10.



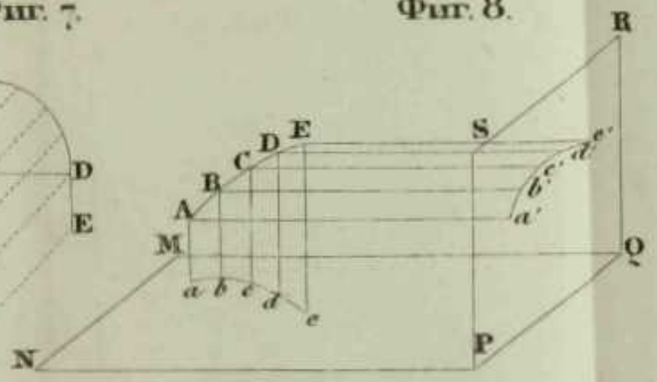
Фиг. 11.



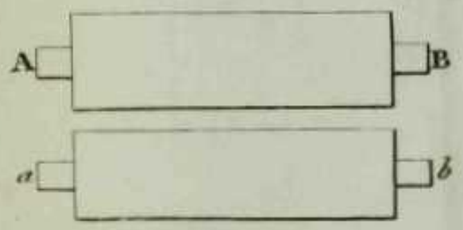
Фиг. 12.



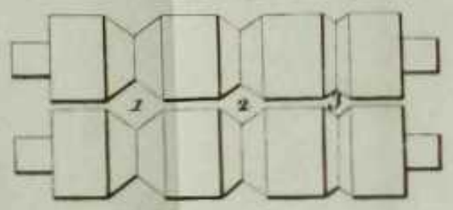
Фиг. 13.



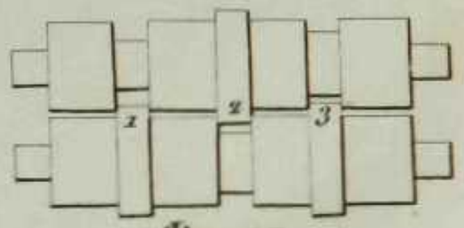
Фиг. 14.



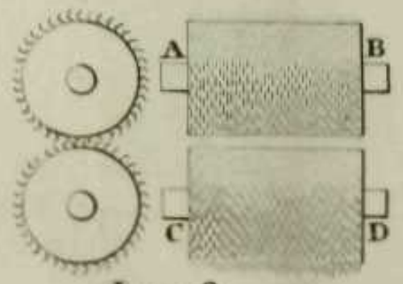
Фиг. 15.



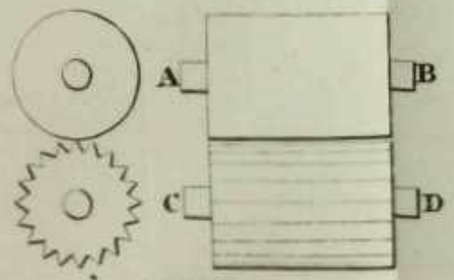
Фиг. 16.



Фиг. 17.



Фиг. 18.

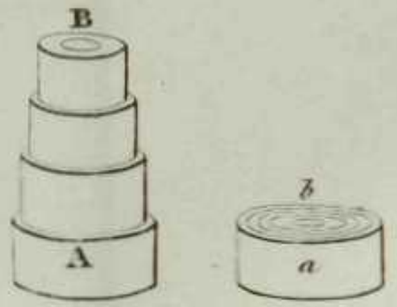


Фиг. 19.

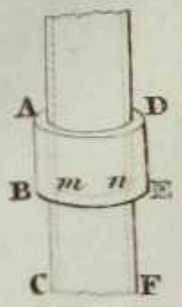
Фиг. 20.

Фиг. 21.

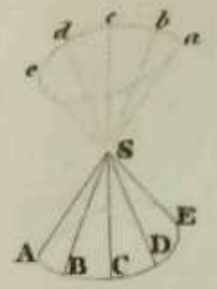
Фиг. 22.



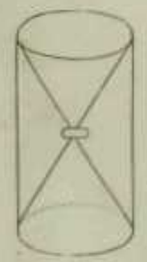
Фиг. 23.

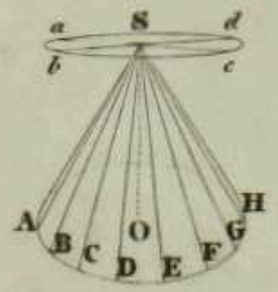


Фиг. 24.

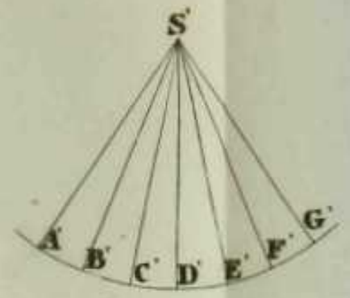


Фиг. 1.

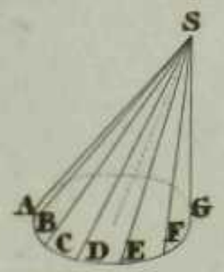

Фиг. 2.



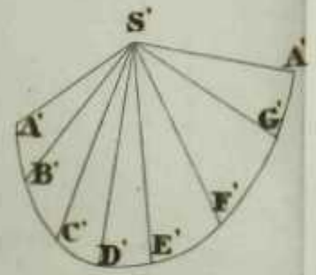
Фиг. 3.



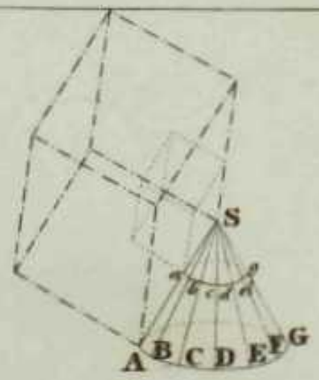
Фиг. 4.



Фиг. 5.

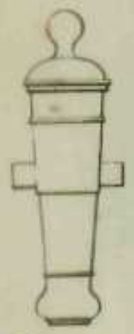


Фиг. 6.



Фиг. 7.

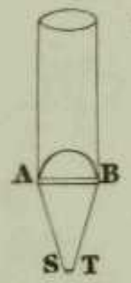
Фиг. 8.


Фиг. 9.

Фиг. 10.

Фиг. 11.

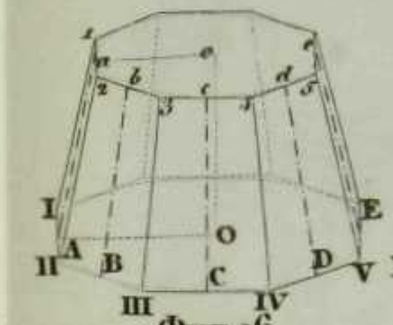
Фиг. 12.



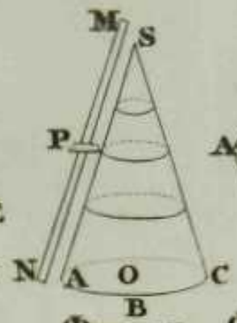
Фиг. 13.

Фиг. 14.

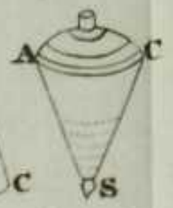
Фиг. 15.



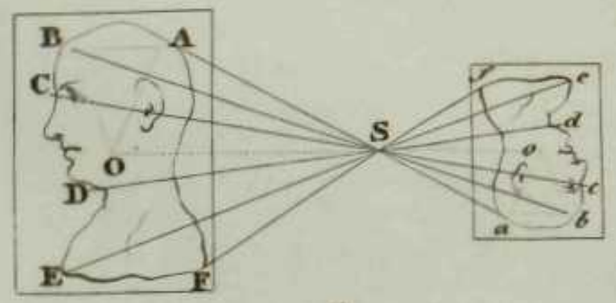
Фиг. 16.



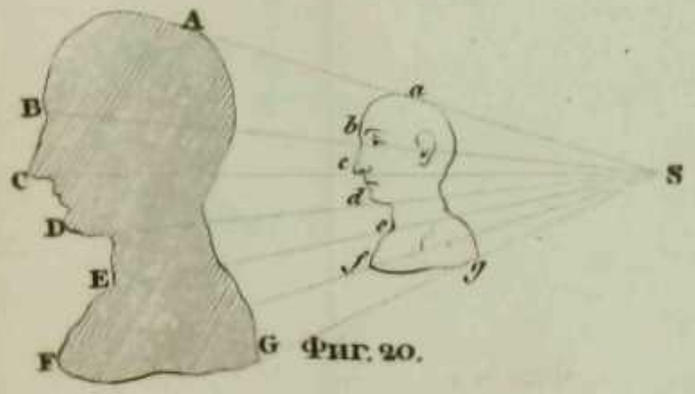
Фиг. 17.



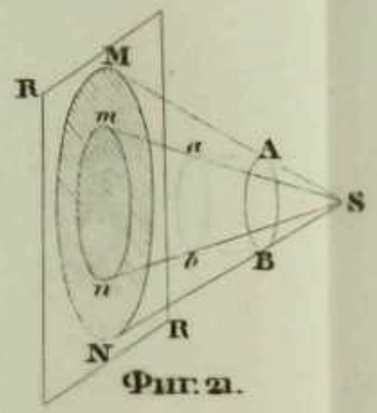
Фиг. 18.



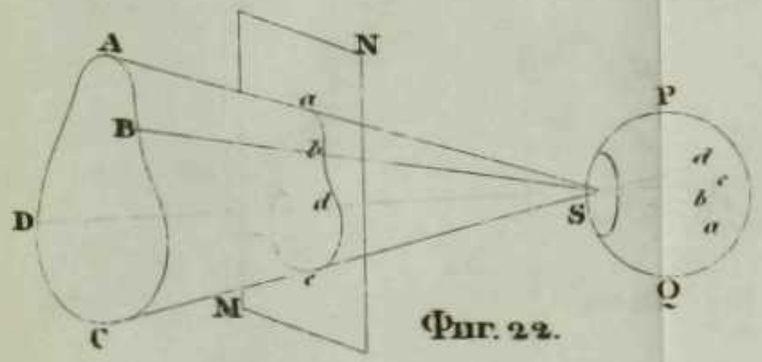
Фиг. 19.



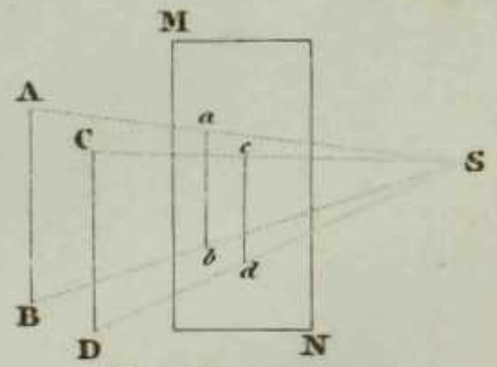
Фиг. 20.



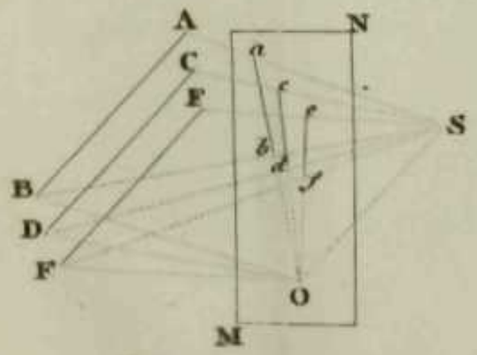
Фиг. 21.



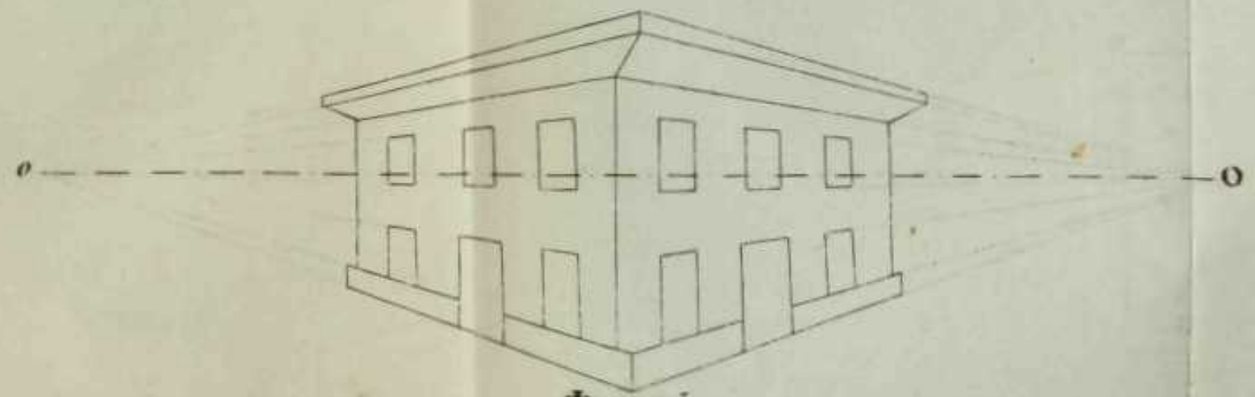
Фиг. 22.



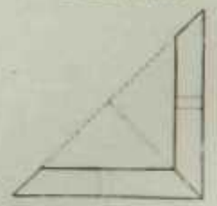
Фиг. 23.

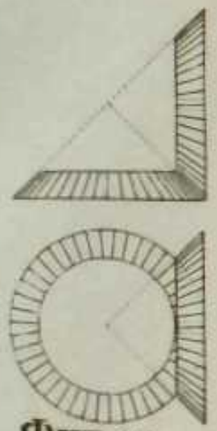


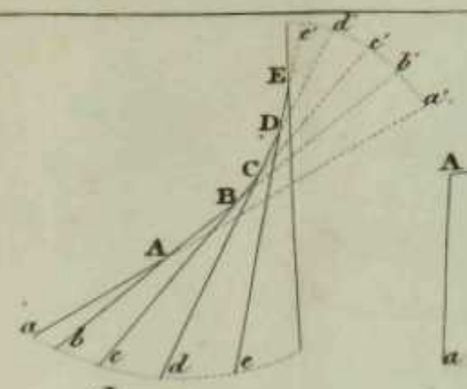
Фиг. 24.



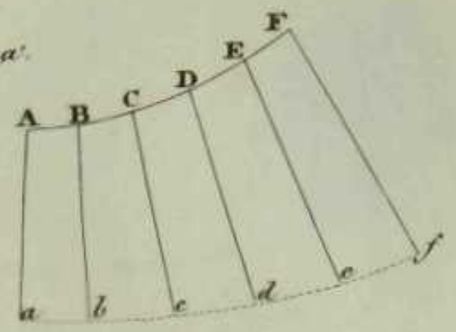
Фиг. 25.


Фиг. 26.

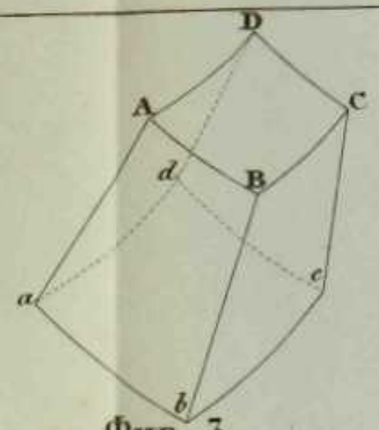

Фиг. 27.



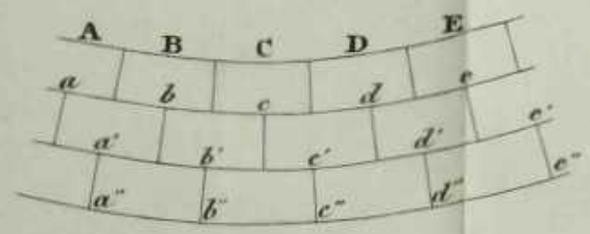
Фиг. 1.



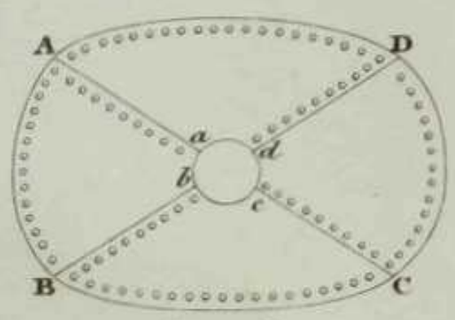
Фиг. 2.



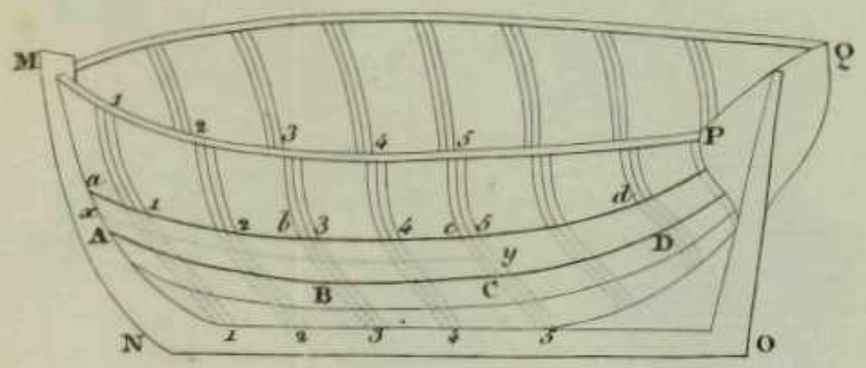
Фиг. 3.



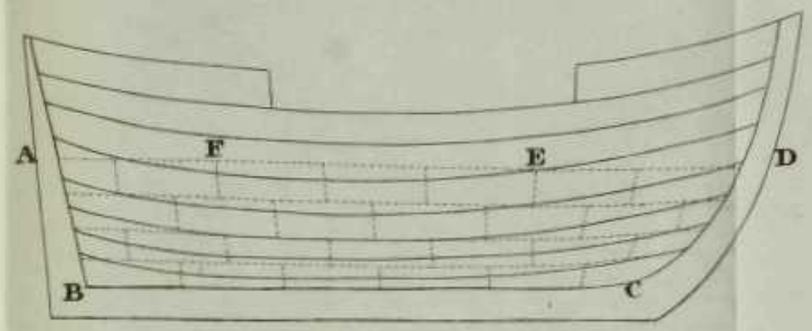
Фиг. 4.



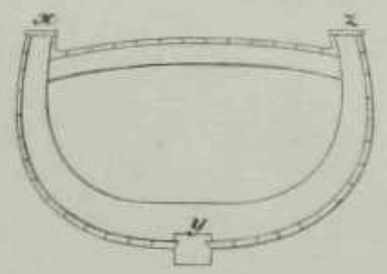
Фиг. 5.

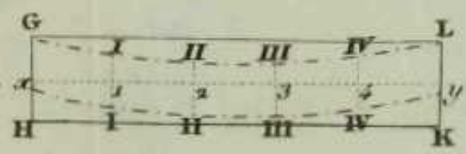


Фиг. 6.

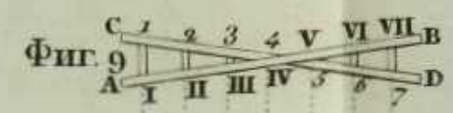


Фиг. 7.

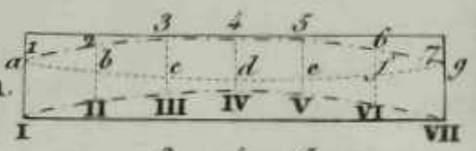

Фиг. 8.



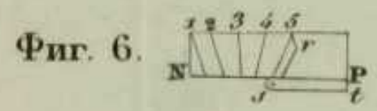
Фиг. 6.



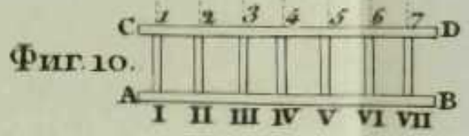
Фиг. 9.



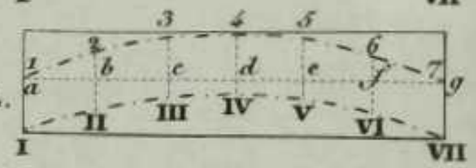
Фиг. 11.



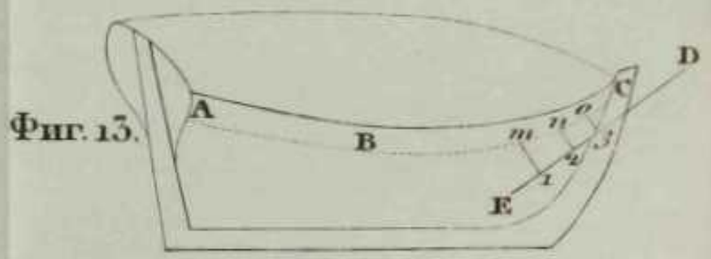
Фиг. 6.



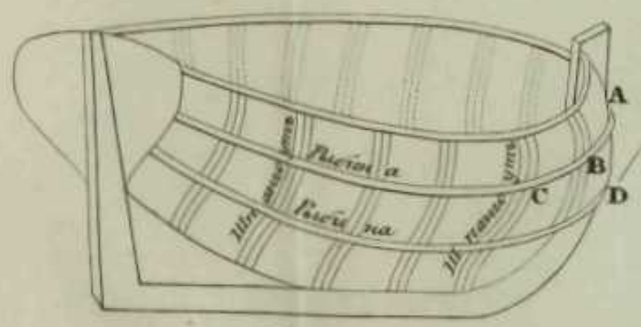
Фиг. 10.



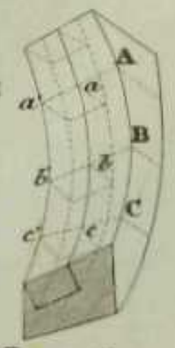
Фиг. 12.



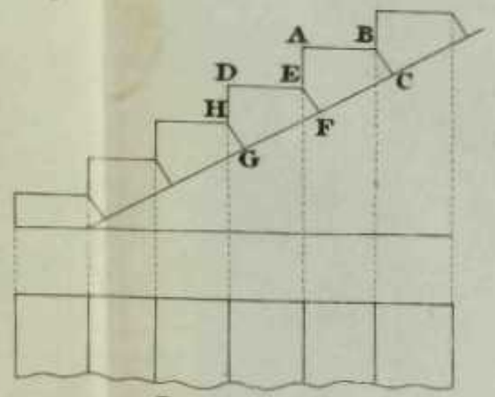
Фиг. 13.



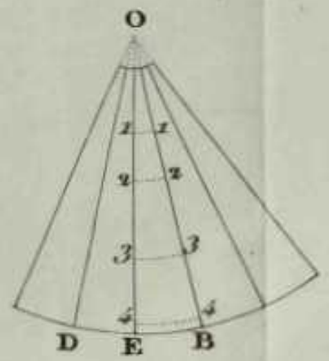
Фиг. 14.



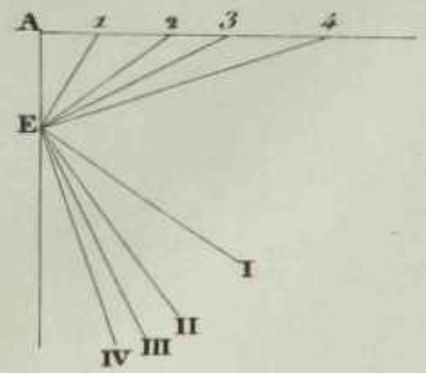
Фиг. 15.



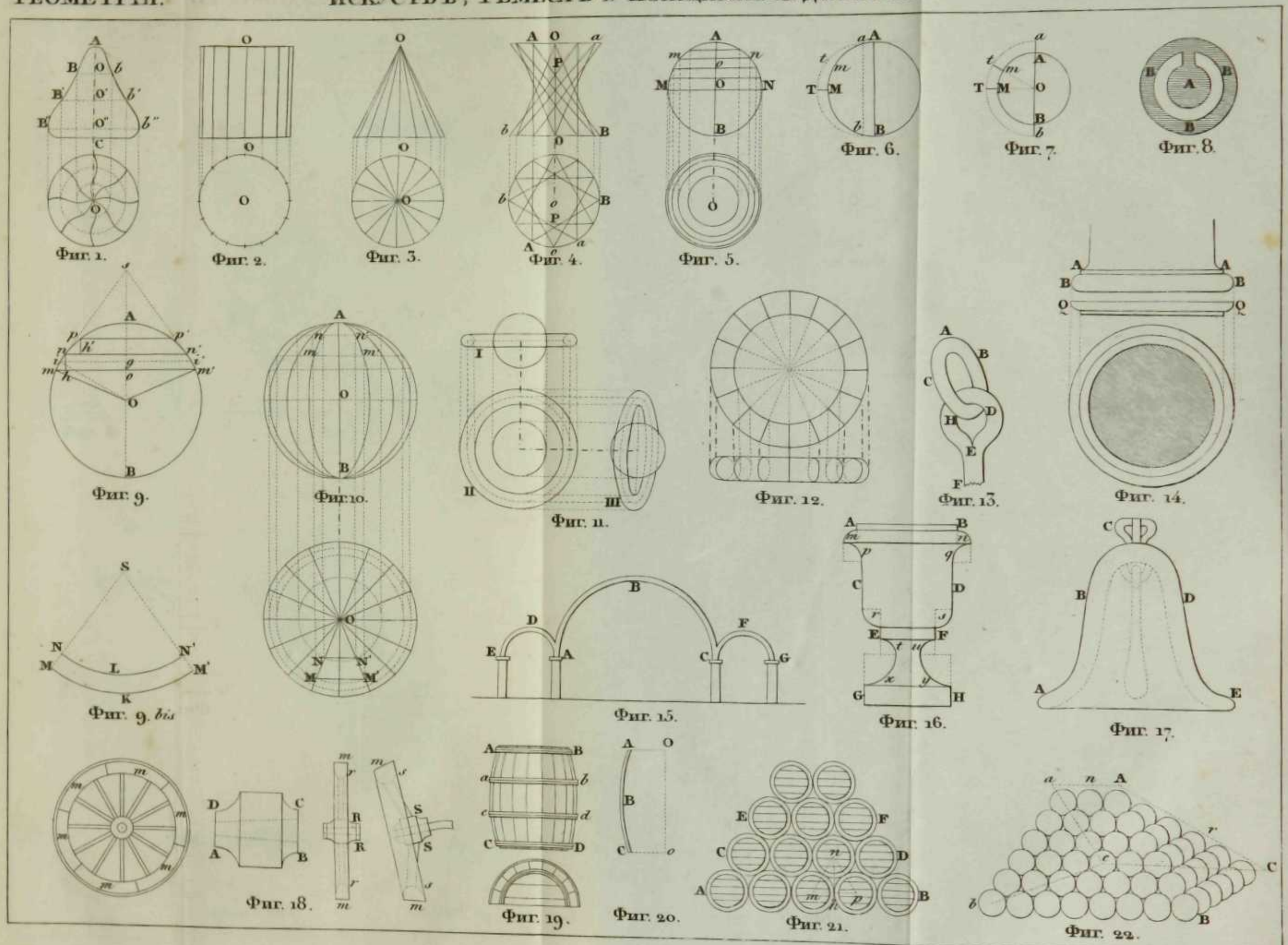
Фиг. 16.

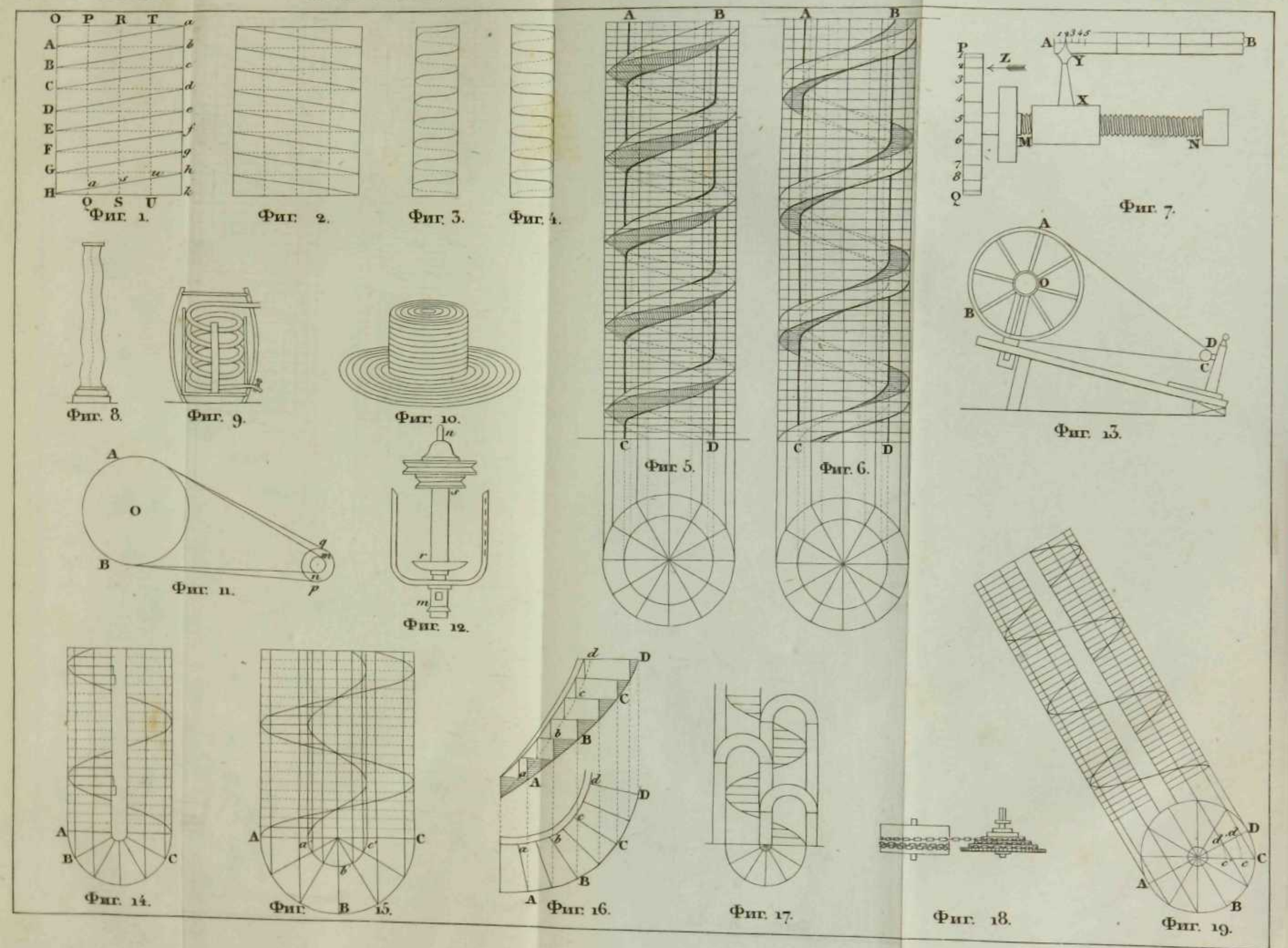


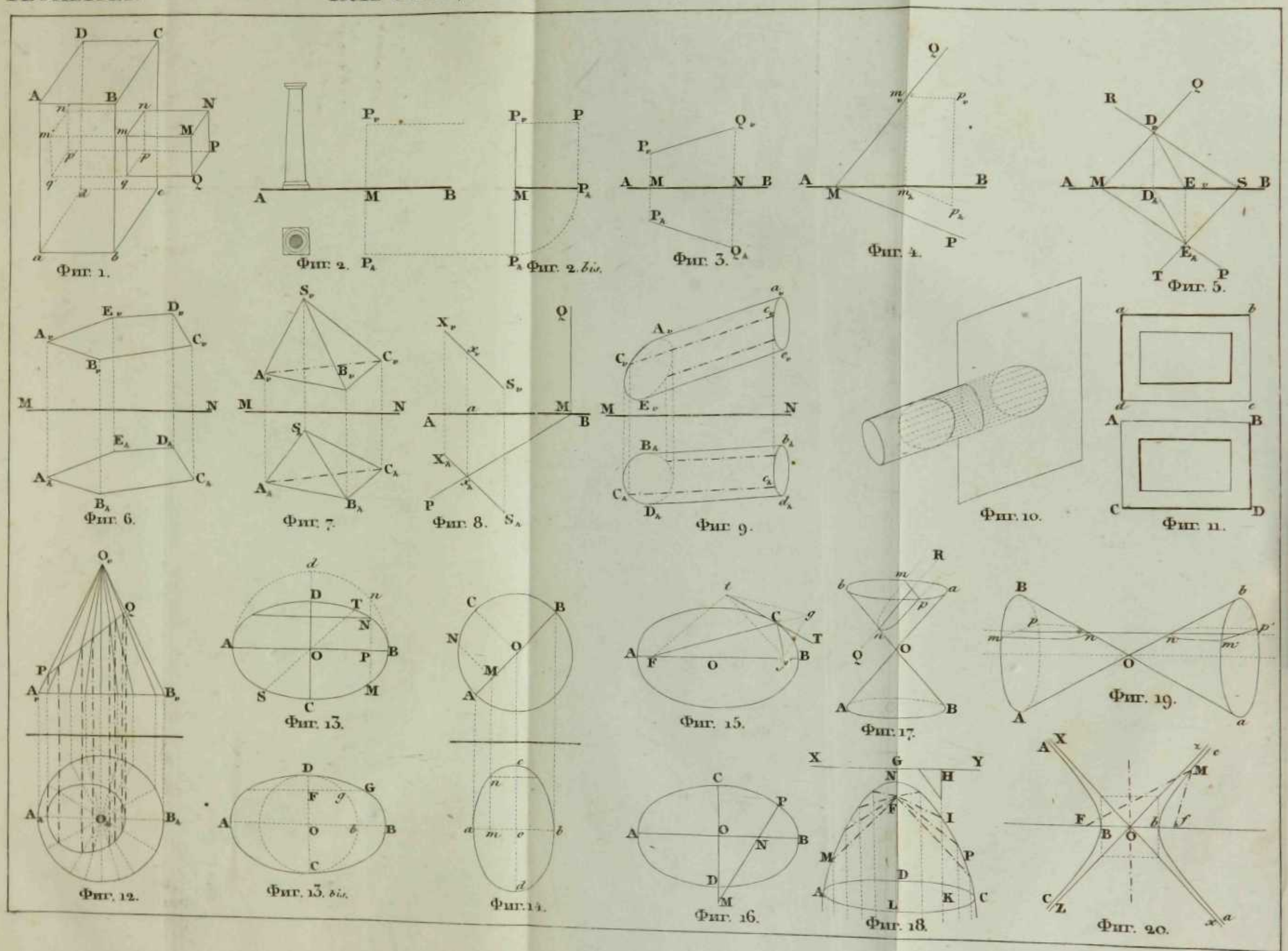
Фиг. 17.

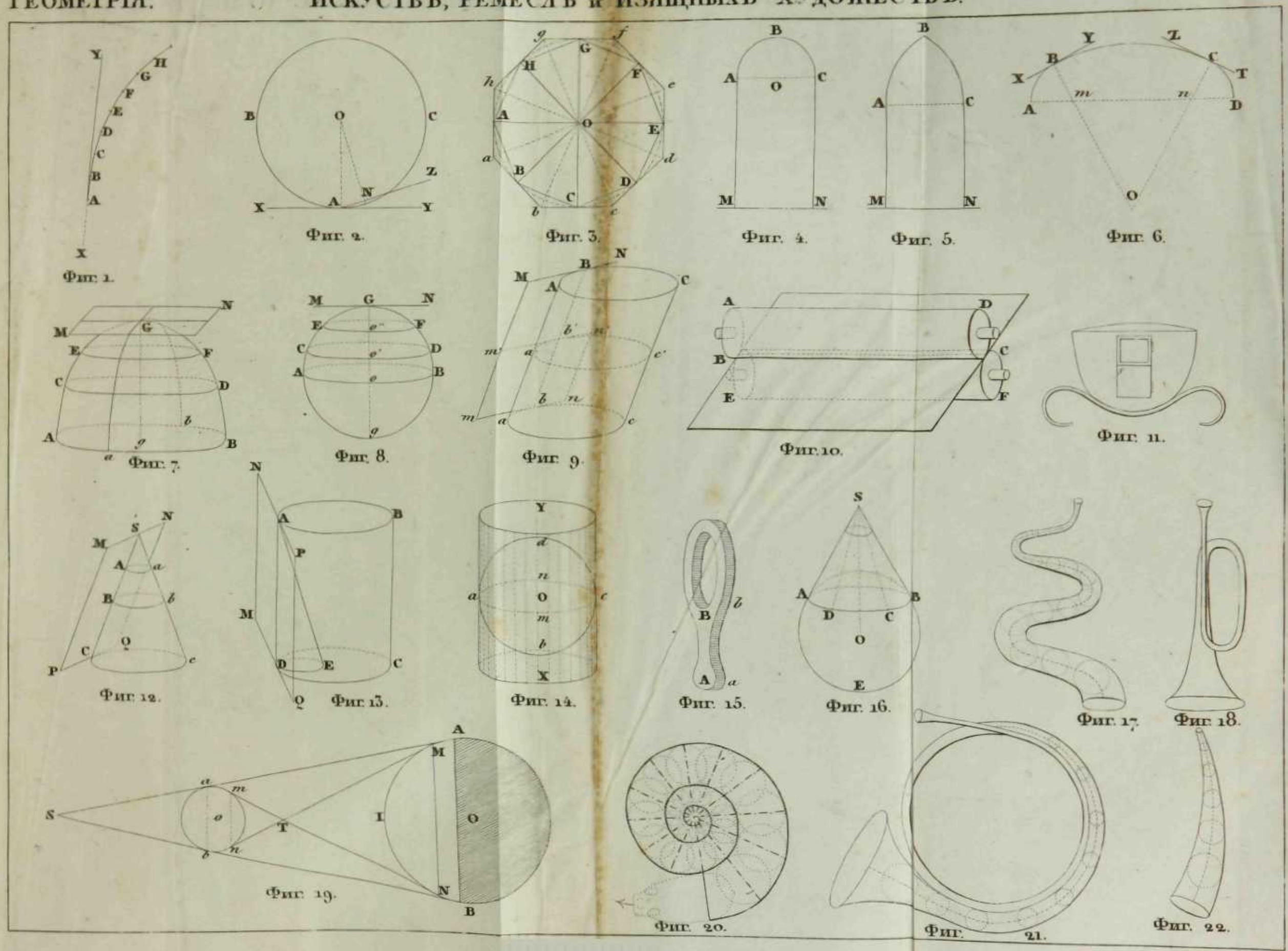


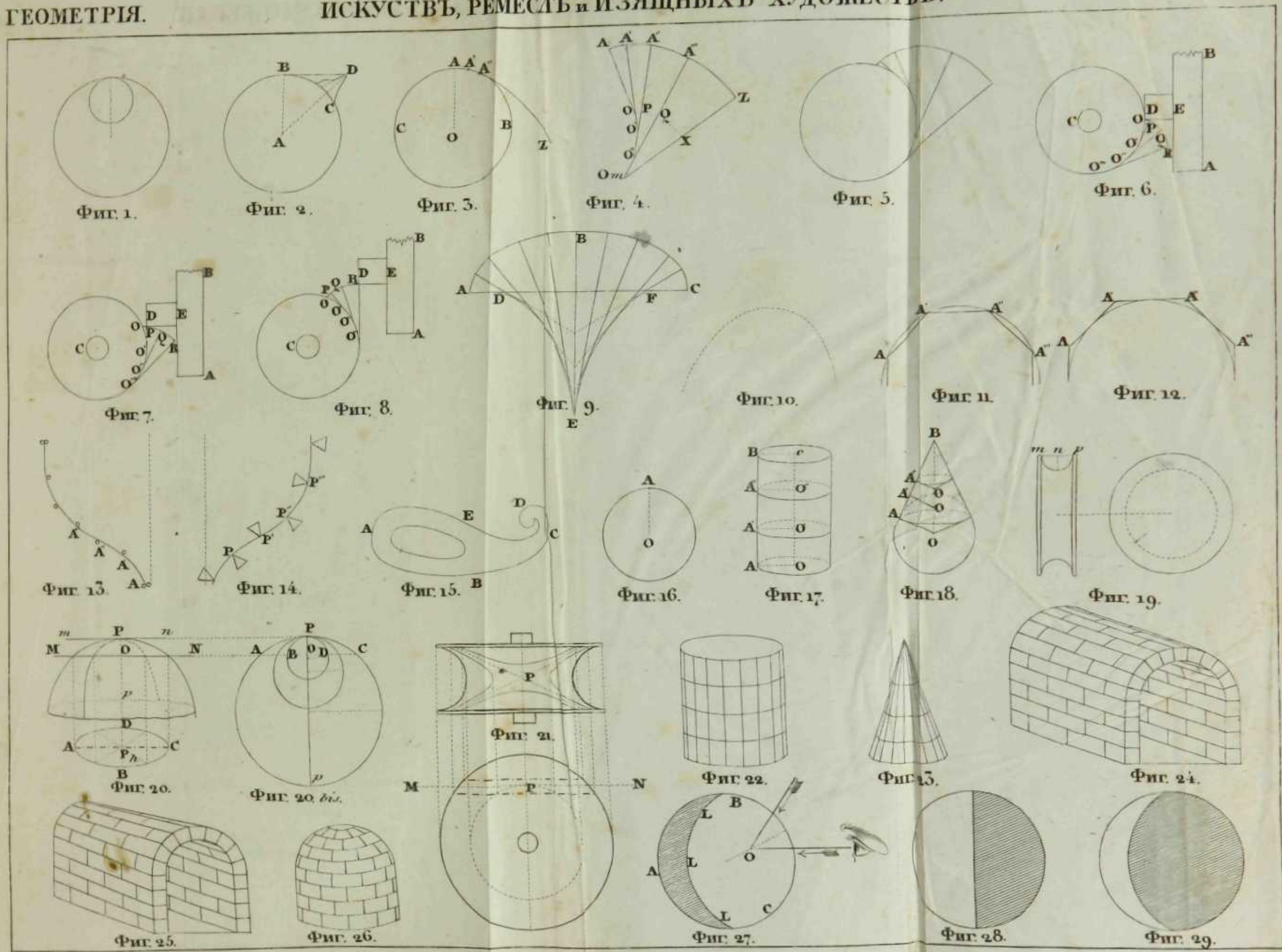
Фиг. 18.


Фиг. 1.
Фиг. 2.
Фиг. 3.
Фиг. 4.
Фиг. 5.
Фиг. 6.
Фиг. 7.
Фиг. 8.
Фиг. 9.
Фиг. 10.
Фиг. 11.
Фиг. 12.
Фиг. 13.
Фиг. 14.
Фиг. 9. bis
Фиг. 15.
Фиг. 16.
Фиг. 17.
Фиг. 18.
Фиг. 19.
Фиг. 20.
Фиг. 21.
Фиг. 22.


Фиг. 1.
Фиг. 2.
Фиг. 3.
Фиг. 4.
Фиг. 5.
Фиг. 6.
Фиг. 7.
Фиг. 8.
Фиг. 9.
Фиг. 10.
Фиг. 11.
Фиг. 12.
Фиг. 13.
Фиг. 14.
Фиг. 15.
Фиг. 16.
Фиг. 17.
Фиг. 18.
Фиг. 19.


Фиг. 1.
Фиг. 2.
Фиг. 2. bis.
Фиг. 3.
Фиг. 4.
Фиг. 5.
Фиг. 6.
Фиг. 7.
Фиг. 8.
Фиг. 9.
Фиг. 10.
Фиг. 11.
Фиг. 12.
Фиг. 13.
Фиг. 13. bis.
Фиг. 14.
Фиг. 15.
Фиг. 16.
Фиг. 17.
Фиг. 18.
Фиг. 19.
Фиг. 20.


Фиг. 1.
Фиг. 2.
Фиг. 3.
Фиг. 4.
Фиг. 5.
Фиг. 6.
Фиг. 7.
Фиг. 8.
Фиг. 9.
Фиг. 10.
Фиг. 11.
Фиг. 12.
Фиг. 13.
Фиг. 14.
Фиг. 15.
Фиг. 16.
Фиг. 17.
Фиг. 18.
Фиг. 19.
Фиг. 20.
Фиг. 21.
Фиг. 22.


Фиг. 1.
Фиг. 2.
Фиг. 3.
Фиг. 4.
Фиг. 5.
Фиг. 6.
Фиг. 7.
Фиг. 8.
Фиг. 9.
Фиг. 10.
Фиг. 11.
Фиг. 12.
Фиг. 13.
Фиг. 14.
Фиг. 15.
Фиг. 16.
Фиг. 17.
Фиг. 18.
Фиг. 19.
Фиг. 20.
Фиг. 20. bis.
Фиг. 21.
Фиг. 22.
Фиг. 23.
Фиг. 24.
Фиг. 25.
Фиг. 26.
Фиг. 27.
Фиг. 28.
Фиг. 29.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google